ELEMENTOS DE ARQUITECTURA,

ESCRITOS EN INGLES

POR

JOHN MILLINGTON.

Traducidos al castellano y aumentados con notas y apéndices

POR EL MARISCAL DE CAMPO

D. MARIANO CARRILLO DE ALBORNOZ,

Director Subinspector del arma de Ingenieros en la Isla de Cuba.

TOMO I.



MADRID.

IMPRENTA NACIONAL.

1848.

PROLOGO DEL TRADUCTOR.

Las ventajas de un tratado de construccion, ó sea de arquitectura práctica, cuya inteligencia y aplicacion no requiera mas nociones que las fundamentales de la Aritmética y del Algebra, son demasiado obvias para que sea preciso enumerarlas. Existen, á la verdad, muchas y excelentes obras sobre este importante ramo del saber humano, como las de Belidor, Perronet, Rondelet y otras varias: pero, ademas de que ninguna de ellas abraza el arte en general, las partes especiales de este sobre que respectivamente versan, estan tratadas de manera que solo las hace útiles para los que poseen vastos y profundos conocimientos en la ciencia del cálculo: contribuyendo asimismo en gran manera á limitar el uso de dichas obras el hallarse escritas en francés ó en otros idiomas extrangeros, y que su traduccion es empresa demasiado larga y costosa para que pueda acometerla ningun individuo particular en España.

Los *Elementos de Arquitectura*, escritos en inglés por Mr. John Millington é impresos el año 1839 en Filadelfia, que he traducido y publico, no son ciertamente tan completos como sería de desear; pero sin embargo contienen los principios mas esenciales del arte de construir, y los presentan despojados de teorías abstractas y de cálculos prolijos y complicados. Así pues, ya que esta obra no satisfaga cumplidamente las condiciones arriba indicadas, puede al menos considerarse como un gran paso dado para llegar

á ese fin. En esta persuasion he creido que no dejaria de ser de alguna utilidad el darla á conocer en España, y mas hoy que en todas sus provincias se promueven y ejecutan con el mas loable afan tantas y tan bien entendidas obras públicas y particulares, cuya falta era una de las principales causas de que hasta ahora no se hubiesen desenvuelto y multiplicado los elementos incalculables de prosperidad, riqueza y poderío que nuestro país atesora en su seno.

Nada diré en cuanto al desempeño de mi trabajo, porque me someto resignadamente al juicio de los que lo leyeren. Aun cuando mi suficiencia hubiese sido la necesaria para llevarlo á cabo dignamente, no habrian podido menos de influir en daño de su perfeccion las continuas y no poco graves atenciones de mi destino, que no me han permitido dedicarme á este objeto con toda la asiduidad y exclusiva atencion que por su importancia requeria. Mas ya que estas razones no basten para disculpar los muchos errores en que de seguro habré incurrido, me atrevo, sin embargo, á esperar que merecerán la indulgencia del público, siquiera no sea mas que en gracia del celo que me anima por el buen crédito del Cuerpo á que tengo la honra de pertenecer, y en favor de los que se dedican al noble arte de la arquitectura, y para que la benevolencia que yo alcance sirva de estímulo á otro que con mayor aptitud y menos agobiado de obligaciones perentorias pueda completar esta obra, y hacerla tan útil y recomendable como yo habria deseado saliese de mis manos.

ADVERTENCIAS.

1.ª Para la redaccion de muchas de las notas y apéndices de esta obra se han tenido á la vista entre otros autores los siguientes:

Sganzin..........	Programa de un curso de construcciones.
Emy..............	Tratado del arte de la carpintería.
Borgnis..........	Tratado de construccion.
Parnell..........	Tratado de caminos.
Lebrun...........	Método práctico para el uso de la argamasa (*beton*).
Laisné...........	Manual de ingenieros.
Vallejo..........	Tratado de las aguas.
	Anales de obras públicas de Bélgica.
	Anales de puentes y caminos de Francia.

2.ª Las medidas usadas en toda esta obra son españolas siempre que no se expresa lo contrario, ó cuando la conservacion de las medidas inglesas no influye en la inteligencia del texto, para cuyos casos podrá ser útil la siguiente

RELACION DE LAS MEDIDAS INGLESAS CON LAS ESPAÑOLAS.

MEDIDAS DE PESO.

Libra de Troy.........................=	0,81093	libras españolas.
Libra. *avoir du poids*, ó de 16 onzas........=	0,98568	id.
Cwt (*hundred veight*), ó quintal de 112 libras..=	110,38	id.
Tonelada de veinte quintales...............=	2207,7	id.

DE LONGITUD.

Yarda=3 piés=36 pulgadas=432 líneas......=	3,2817	piés de Búrgos.
Pie......................................=	1,0939	id.

ITINERARIAS.

Milla=1760 yardas..........................=	5775,67	piés de Búrgos.
	0,28878	de legua española.

DE SUPERFICIE.

Yarda cuadrada............................=	10,769	piés cuadrados.
	1,1966	varas cuadradas.
Rod ó percha cuadrada (La percha=16,5 piés ingleses)........=	325,76	piés cuadrados.
	36,196	varas cuadradas.
Rood.......................................=	13030	piés cuadrados.
	1447,78	varas cuadradas.
	10,054	estadales cuadrados.
Acre=4 roodf...............................=	40,216	id.

DE VOLUMEN.

Yarda cúbica.............................= { 1,30898 varas cúbicas. / 35,343 piés cúbicos. }

DE CAPACIDAD PARA GRANOS.

LAST.	WEYS.	QUARTERS.	COMBS.	STRIKES.	BUSHELS.	
1	=2	=10	=20	=40	=80	
	1	=5	=10	=20	=40	
		1	=2	=4	=8	
			1	=2	=4	
				1	=2	
					1	............=7,8469 celemines.

DE CAPACIDAD PARA LIQUIDOS.

TON.	PIPES.	HOGSHEADS.	BARRELS.	GALLONS.	BOTLES.	PINTS.	
1	=2	=4	=8	=252	=504	=2016	
	1	=2	=4	=126	=252	=1008	
		1	=2	=63	=126	=504	
			1	=31,5	=63	=252	......=8,869 cántaras.
				1	=2	=8	
					1	=4	
						1	...=1,12621 cuartillos.

3.ª Hecha ya la impresion se vió lo demasiado voluminosa que resultaria la obra reunida en un solo tomo, aun cuando las láminas fuesen por separado: por esta causa se ha preferido dividirla en dos volúmenes, incorporando en cada uno las láminas respectivas, á pesar de que la foliacion del segundo sea continuacion de la del primero, y de que haya sido necesario, para mayor comodidad del estudio, repetir la lámina décima en ambos tomos.

CAPITULO I.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

SECCION I.

De las piedras y ladrillos.

§. 1º Bajo del nombre general de materiales de construccion se comprenden todas las varias sustancias empleadas en la fábrica de los edificios, máquinas y construcciones de todas especies. El objeto de este capítulo es hablar de las principales de ellas, describirlas, manifestar cómo se obtienen y cómo se las da la forma conveniente para que sean útiles, dejando para el capítulo siguiente investigar su calidad, utilidad y figura por el exámen de su fuerza, duracion y objeto á que cada una se destina.

2. Muchos de estos materiales los produce la naturaleza en el estado á propósito para su uso inmediato, como sucede con algunas variedades de piedras y maderas; mientras que otros, como el ladrillo, la cal, los metales &c., requieren operaciones del arte y trabajo para poderlos emplear. De esta consideracion dimana dividir los materiales en naturales y artificiales; pero como semejante distincion no es necesaria, no se adopta en este tratado. Al construir un edificio lo primero que hay que hacer son los cimientos y muros exteriores, unos y otros generalmente de piedra ó de ladrillo; por lo que estos materiales son los primeros que deben llamar la atencion. Los pisos y cubiertas requieren la madera: así esta debe seguir á aquellos; y como piden la asistencia del hierro ú otro metal para obtener su union ó adquirir su fuerza, terminarán estos la descripcion de los materiales.

3. Los mineralogistas y geólogos distinguen una gran variedad de piedras; pero el arquitecto y el ingeniero solo las clasifican en tres grandes divisiones: piedra franca, ó arenisca y blanda; losas, ó alisada y tosca (nota 1), denominada así por su dureza y la

clase de su fractura natural: de todas tres hay muchas variedades (nota 2). La piedra franca es siempre granugienta en su textura aunque los granos varian en magnitud, y aun á veces estan en forma de cristales. El nombre dado á esta piedra nace de la facilidad con que puede labrarse bajo cualquiera forma; porque ninguna de las variedades de ella tiene mayor disposicion á romperse en un sentido que en otro. Una de sus propiedades características consiste en que sin embargo de ser durable, es tambien tan suave que puede aserrarse con la sierra de piedra, ó darla cualquiera forma con el cincel y martillo. De aquí el emplearla generalmente para adornos de escultura, en los capiteles de las columnas, frisos y molduras, y tambien para los muros de piedra cuando sus superficies se requieren lisas y hermosas.

4. El *mármol* (nota 3) en todas sus variedades ocupa el primer lugar entre las piedras francas, en razon de las grandes masas en que se encuentra, su mucha duracion, el no absorber el agua, la facilidad y certeza con que puede labrarse aun para los mas delicados adornos (nota 4), lo compacto de su grano y dureza, á que se debe poderle dar un grande y durable pulimento, y en fin porque no es muy sensible al frio y calor ni á la fluctuacion de las estaciones. El mármol es un carbonato de cal, completamente puro; es perfectamente blanco, pero por rareza se halla sin rayas ó vetas de gris oscuro, y aun hermosamente coloreado con varias tintas en toda su sustancia, por lo que se llama mármol veteado (nota 5). El mármol mas puro y blanco es el de la isla de Paros, el que por mucho tiempo se ha celebrado por los escultores y poetas, y de él se han hecho las mejores estatuas griegas. Le sigue el mármol de Carrara (nota 6), igualmente puro y blanco; pero diferente en su grano. Estas dos variedades se llaman mármoles estatuarios, por destinarse exclusivamente á este objeto y á los mas delicados adornos. Su mucho precio es causa de que pocas veces se emplee por el constructor ó arquitecto, á no ser en las piezas mas costosas de las chimeneas ú otras obras de adorno.

5. El *alabastro* es una piedra blanca que se parece mucho al mármol estatuario en la apariencia; pero es un sulfato en vez de un carbonato de cal; ademas es tan blando que puede aserrarse con la sierra de mano ó cortarse con el cuchillo; es muy quebradizo y de corta duracion al aire libre, por lo tanto poco á propósito para edificar, y solo se usa en adornos interiores.

6. Los mármoles, así como otros muchos materiales propios

para las fábricas, solo tienen el nombre del sitio en que se extraen, y de aquí la dificultad de describirlos é identificarlos mientras no se conoce el carácter y apariencia de la piedra: por ejemplo, el mármol de Kilkeney, sacado de una cantera de este nombre en Irlanda, es precisamente lo opuesto al mármol estatuario, aunque de igual finura de grano y buena calidad; pero es de un intenso color negro sin vetas.

El mármol Lumachella (nota 7) de Italia, es igualmente negro; pero está entre esparcido con venas de conchas y restos orgánicos, las cuales despues de cortada y pulimentada la piedra la dan una hermosa apariencia.

El mármol de Florencia es rojizo oscuro, y ofrece la apariencia de ruinas de castillos y pueblos antiguos, y de aquí llamarlo muchas veces *mármol de minas* (nota 8). Algunas variedades se designan por sus apariencias. Así el mármol colorado claro, con ondas ó aguas como el pecho de las palomas, se distingue por sí mismo. El mármol negro y colorado que se emplea para tablas de mesa es de Italia, y consiste en un fondo de negro fino con ricas capas y venas amarillas y manchas por todas partes que á cierta distancia parecen de oro. El mármol brecha consiste en fragmentos angulares de varios mármoles de colores, unidos todos por un cimento calcáreo (nota 9), y es muy hermoso. El mármol de Sienna es de un vivo color de ante *vareteado* de diferentes colores. El espléndido mármol, llamado Verde-antiguo, se usó mucho en la antigüedad para adornos, y se compone de una elegante reunion de varias tintas verdes desde el negro hasta un color de mucho brillo; pero es escaso, y cuesta mucho cuando se quieren grandes losas. En este pais se llama mármol egipcio; pero propiamente hablando no es mármol ó de modo alguno carbonato de cal, y menos piedra franca, porque es muy vidrioso y refractario aunque cede á la sierra lo necesario para dar losas, y con cuidado puede trabajarse para adornos. Los mineralogistas le llaman serpentina preciosa, y se compone de una gran porcion de magnesia, hierro y manganesa, y como las mas de las piedras citadas se emplea en ornatos interiores.

7. Los mármoles mas comunes que generalmente se usan por los arquitectos ó constructores son los impuros ó blancos rayados, y claro con ondas; los que son muy comunes en muchas partes de los Estados Unidos, empleándolos en las fábricas, y dándoles tal estabilidad y hermosura como en ninguna otra parte del mundo,

si se exceptúa la Italia que siempre fue celebrada por sus abundantes y hermosos mármoles (nota 10).

8. Al mármol sigue por su utilidad, dureza del grano y duracion la piedra arenisca, la que se compone de sílice fino ó arena de pedernal, unido por un cimento particular natural, que constituye el todo de una sólida, uniforme y compacta masa; pero en tan pequeña cantidad, que no puede percibirse entre los granos, de modo que toda la piedra parece solo formada de arena fina. Como en Inglaterra el mármol es tan escaso, todas las buenas fábricas se hacen de aquella piedra, y como se halla con mas abundancia en las rocas de Portland en la costa del Sur de la isla, de aquí conocerse con el nombre de piedra de Portland. Cuando es limpia, casi parece blanca; puede trabajarse con delicadeza y es muy fuerte y duradera, no sufriendo nada del agua, del hielo, ni de la permanencia al aire. No admite pulimento como el mármol; pero como este, rara vez se pulimenta cuando se emplea en lo exterior de las fábricas; de aquí no distinguirse una piedra de otra sino con mucha detencion. La catedral de San Pablo, el Monumento, el Palacio y otras buenas fábricas de Lóndres estan hechas con ella. Una clase de piedra al parecer semejante se halla en los Estados al Norte de América: se llama piedra del rio del Norte, ó piedra del rio Hudson; pero como el mármol es tan comun en este pais, no se usa mucho aquella, y el autor no ha tenido ocasion de examinar sus calidades para asegurar si es tan buena como la de Portland.

9. Hay otras variedades de piedra franca, pero son muy blandas, particularmente cuando estan *verdes*, voz con que los canteros distinguen las piedras recien sacadas de las canteras, porque casi todas las piedras se endurecen con el tiempo y exposicion á la atmósfera, ó ceden ó se desmenuzan, y muchas veces se convierten en granos ó polvo.

Una piedra muy útil llamada por los mineralogistas *oolitas* (nota 11) por su semejanza aparente á los huevos de los peces, corre una extensa formacion, casi por medio de Inglaterra, principiando desde Sommersetshire, y tomando la direccion N. E. por espacio de 150 millas. Su color es amarillo claro, es enteramente calcárea, granugienta, siendo á veces sus granos tan finos como la arena, y en otras huecos del grandor de guisantes, por lo que se llama *piedra guisante*. Estos estan unidos por un cimento calcáreo natural, enteramente notable á la simple vista; pero la de grano fino es la que solo se usa para las fábricas. La ciudad de Bath

está toda construida de esta piedra, de lo que ha dimanado generalmente que se la llame piedra de Bath. Recien sacada (nueva ó verde) es tan blanda que se puede reducir á la figura que se quiera con una sierra ordinaria de carpintero, y trabajarla con el cincel. A pesar de ser absorbente no la afecta el tiempo, y se endurece y conserva su forma muy bien. De aquí obtuvo su estimacion, así como porque puede trabajarse á muy poco costo, quedando de una hermosa apariencia.

10. Otra piedra blanda se usa en los distritos ferruginosos de Inglaterra, llamada piedra arenisca ferruginosa. Se compone de arena ordinaria reunida por óxido de hierro. Su color es oscuro rojizo pardo: al principio es blanda; pero llega á ser muy dura expuesta al aire. Es comun en Bedfordshire y en los condados interiores, y hay arcos de puentes de mucha luz y buen aspecto construidos de esta clase de piedra.

11. La piedra jabonosa es otra variedad de piedra blanda que se halla con abundancia en Pensilvania y puede reducirse á cualquiera figura. Cuando es buena, resiste todo grado de calor violento, por lo que se aprecia mucho para hornos; pero es muy blanda para otras construcciones.

12. Una de las mas duras, mejores y mas durables piedras para fabricar es el *granito* (nota 12) y sus variedades. Se coloca el último en esta lista por la duda de si debe clasificarse entre las piedras francas ó entre las refractarias. Es tan dura que desafia á la sierra y casi al cincel; pero sin embargo puede labrarse de la forma que se quiera y darla una hermosa superficie aunque no lisa; no tiene propension á henderse ó dividirse en láminas, por lo que se considera como piedra franca y trabajable. El verdadero granito se compone de cuarzo, feldespato y mica, no unidas estas sustancias una á otra químicamente; pero sí tan estrechamente reunidas ó agregadas, que cuando el grano es fino es dificil distinguir aquellas sustancias unas de otras; pero si es gordo, como sucede en Haddam en el Connecticut, las tres sustancias se distinguen bien. En esta piedra puede decirse que el cuarzo no perece jamás: el feldespato es durable; pero se descompone gradualmente por la exposicion al aire, y la mica, que siempre es blanda, y no de importancia respecto al valor de la piedra, pronto cede y desaparece. La clase de piedra que hoy se pide para fachadas de almacenes, y de la que se han construido muchos edificios en las ciudades del Norte, aunque se llama granito, no lo es, por

cuanto no tiene mica y contiene poco ó ningun cuarzo, ambas cosas esenciales para la formacion del granito. Todas la muestras que ha examinado el autor corresponden á lo que los mineralogistas llaman *sienitas* (nota 13), piedra compuesta de feldespato y hornablenda: esta piedra se llama generalmente granito de Boston, y se saca de las canteras de Quincey al Sur de esta ciudad: se extrae y vende por medio peso el pie cúbico, creciendo este valor en proporcion de la magnitud. Es mas dura y mas dificil de trabajar que el verdadero granito, y en la opinion del escritor es una de las mas hermosas piedras para las fábricas en que se exige fuerza, duracion y hermosura. Se dice hermosura, porque esta piedra es tan dura que permite formar ricas esculturas y adornos de flores, y en cuanto á su duracion poca duda puede haber, aunque este punto no puede decidirse bien hasta que haya permanecido al menos cien años expuesta al viento y agua. Puede quererse rebajar su mérito por su color oscuro; pero en los distritos del Norte se halla de varios colores, desde el mas oscuro hasta el casi blanco, que es el carácter del granito de Hollowel en Maine; ademas las piedras blancas no se tienen por tan compactas y duras como las de color oscuro. El granito de Quincey se considera muy á propósito para pavimento ó empedrado de calles, y aun los rajones (nota 14) pueden ser utilísimos para el sistema de caminos á la Mac-Adam.

13. La piedra-losa es decididamente de formacion laminaria, y parece deberse á la sucesiva superposicion de capas de material duro. El carácter de esta piedra es henderse ó separarse con mucha facilidad en láminas delgadas y paralelas, y capaz de mayor ó menor espesor. En general es de grande tenacidad ó fuerza en la direccion de sus capas, y las mas de sus variedades pueden aserrarse trasversalmente. Se parece mucho á la piedra franca; pero sin embargo no puede cortarse en la forma que se desea para un capitel de columna, por ejemplo, porque es tenaz y quebradiza, excepto en la direccion de sus juntas naturales, y aun por estas puede dividirse á causa de las vibraciones que producen el cincel y el martillo al trabajarlas; y aunque con gran cuidado y paciencia se consiga labrarlas, las partes se separarán por sus juntas con la accion del tiempo y estaciones. Por la misma causa, si se emplea esta piedra en las fábricas, colocada con sus juntas naturales verticalmente, sus superficies exteriores saltarán ó *escamarán*, y la piedra irá destruyéndose y cayendo por piezas, á no ser que esté contenida en el interior de una obra sólida. Por lo tanto, debe emplearse de modo que sus juntas queden en una posicion horizontal ó casi horizontal si ha de sufrir algun peso ó fuerza, y así será muy durable. Bajo de tal concepto esta piedra se emplea siempre con ventaja para los cimientos de muros altos y pesados, á causa de ser llana y lisa, y porque siendo de grandes dimensiones ocupa mucha extension. Tambien es buena para las aceras de las calles, pisos de los sótanos y almacenes, para el piso de los balcones, cubiertas ó caballetes de muros, peldaños de las escaleras, solerías y objetos semejantes. Todas las variedades de pizarra se incluyen en esta clase de piedra, y muchas son muy anchas, fuertes y hermosas, llegando á tener 22 piés ó mas de largo, sobre 3 piés de ancho y de 2 á 7 pulgadas grueso: de modo que son admirablemente útiles para pisos de balcones, tan comunes en las fachadas de las casas de Europa. Las losas de Yorkshire, con las que estan enlosadas las aceras en Inglaterra, son del mismo género; pero de una piedra silícea que contiene alúmina, de que resulta una piedra muy dura y fuerte que estalla en láminas ó capas de 2 hasta 7 pulgadas de grueso. Es muy dificultosa de cortar y trabajar, y tiene la propiedad de no alisarse su superficie con el uso, lo que es de gran ventaja para los enlosados. Se halla sobre la superficie de las venas del coal ó carbon de piedra en el Norte de Inglaterra, y se trasporta escuadreada y coloca á 0,28 de peso fuerte el pié superficial. Algunas piedras de esta especie, que son consideradas como una curiosidad por su magnitud, se colocaron cerca de la iglesia de San Pancracio hace pocos años, ocupando el considerable espacio de 100 á 130 piés cuadrados sin junta alguna: su ancho es de 10 pies y su largo de 10 á 13; pero aunque tan anchas, tienen un grueso mayor que el ordinario, y de aquí ser mas costosas (nota 15).

14. La pizarra de mica de este pais es la que mas se aproxima á esta especie de piedra, á menos que, como es muy probable, la misma variedad no se halle en las regiones de carbon que hoy se explotan tan extensamente.

15. Las tablitas delgadas (nota 16) no se conocen en Europa, ó nunca se ha hecho uso de ellas para cubiertas de edificios: las planchas de metal, las pizarras ó las tejas, son los únicos materiales empleados. El empizarrado es el medio mas comun de cubiertas á causa de su duracion, poco peso, apariencia y por resistir la accion así del fuego como del agua exterior. Estas pizarras son la

verdadera piedra pizarra, dividida en láminas ó capas de $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{2}$ pulgada de grueso, segun las dimensiones de la pizarra que se emplee, y de las que sacan su nombre.

16. Una piedra compuesta de que hay muchas clases llamada gneis (nota 17) que es una variedad del granito, generalmente contiene hornablenda, ademas de las materias comunes. Reune la formacion laminaria, y puede dividirse en láminas para enlosados ó para debajo de los cimientos; pero no es tan regular como las variedades descritas antes.

17. La piedra tosca ó de cantería comprende todas aquellas que por su dureza no se pueden aserrar, y que por vidriosas ó por irregularidad de grano, combinado con la dureza, resisten al cincel y á todo trabajo para reducirlas á una forma regular á no ser por el arte del lapidario ó del afilador, medio tan largo y costoso que no puede tener aplicacion en las fábricas de edificios. Las piedras de chispa ó pedernal, la formacion de roca de trap (nota 18); la piedra de cal compacta (bush stone), de que se hacen las piedras miliarias de los franceses, y los pórfidos, que son una variada mezcla de feldespato y cuarzo, corresponden á esta clase; mas no obstante, la última puede labrarse, aunque con gran trabajo y gasto. Los antiguos hacian columnas y otros adornos de ella, y las daban un gran pulimento. Hoy estas piedras solo se usan para construcciones toscas en los cimientos, para muros de mas que regular espesor y para sostenerlos ó apoyarlos en sitios ocultos á la vista.

18. Los grandes sillares de piedra se sacan de las rocas haciendo una excavacion que se llama cantera (nota 19). Ya abierta esta, y hallado que se puede sacar una gran cantidad de piedra de calidad acreditada por la experiencia, se tiene una finca de valor, de lo que son una prueba las canteras de Quincey cerca de Boston, las de mármol en el Chester oriental, las de granito en Aberdeen y las de pizarra en Wales y Westmoreland (nota 20). A causa del peso de la piedra no conviene trabajar una cantera si no tiene la ventaja del trasporte por agua y de un camino carretero para llevar los materiales al embarcadero. Ademas se necesita mucha premeditacion y ciencia para sacar del trabajo de una cantera una ventaja continuada. El ingeniero tal vez se halle en el caso de no poder aprovechar las canteras públicas, y obligado por lo tanto á tener que sacar la piedra que necesite, por lo que será útil la siguiente observacion. Una cantera es rara vez una excavacion profunda como la de las minas, y únicamente consiste en formar aquella en la pendiente ó ladera de una altura. Lo primero de que debe cuidarse es de no principiar tan baja la excavacion que se convierta la cantera en una cueva, de la cual sea muy difícil, perjudicial y costoso sacar grandes masas de piedra, sino que pueda hacerse un camino que conduzca dentro de ella con una pendiente suave para que las acémilas puedan sacar á lo alto las piedras. Es mejor en el primer caso tirar las piedras de alto á bajo de la altura, que tener que levantarlas. Pero no debe olvidarse que las piedras ó capas altas, y mas las que sobresalen y estan visibles y expuestas al aire, tal vez siglos hace, no son tan buenas y sólidas como las que han estado cubiertas ó defendidas: ademas la compresion parece apresurar la formacion de la piedra, porque la que se halla profunda en la cantera es generalmente mas dura compacta, durable y mejor bajo todos conceptos que la próxima á la superficie, la cual es tierna y desmenuzable. Por esto conviene abrir baja la cantera; pero debe hacerse gradualmente y con precaucion. Lo primero es remover los estorbos, esto es, *escombrar* ó limpiar en toda la extension en que se descubren masas de piedras. Se llaman masas, aunque pueda considerarse toda la roca como una sola masa de piedra, porque despues de una inspeccion mas detenida puede hallarse casi siempre subdividida por juntas naturales y hendeduras, tal vez tan pequeñas que sea dificil introducir por ellas una aguja comun, pero en las cuales la piedra tiene poca ó ninguna adhesion natural, y por consiguiente en tales sitios una parte de la piedra puede separarse de la otra sin miedo de romper ninguna de ellas si la operacion se hace con inteligencia y cuidado. Las juntas, hendeduras ó grietas horizontales ó casi horizontales pueden verse sin dificultad desde el frente, y rara vez sucede que una esté á mas de $4\frac{1}{2}$ pies de la otra. No siempre habrá juntas verticales; pero si las hubiese serian tan visibles como las horizontales. Halladas aquellas puede descubrirse la cumbre de la piedra (removiendo antes de todo lo que esté encima) por la grieta en la posicion próxima vertical que corresponde con el frente, y hallada esta se conocerá el sillar entero que podrá sacarse. Los dos sillares contiguos pueden examinarse bajo el mismo concepto para determinar cuál de los tres convendrá sacrificar, porque la mayor dificultad está en sacar el primero, por hallarse fuertemente apoyado por los extremos de los otros dos. Uno ú otro pueden romperse empleando un zapapico fuerte y pesado de minador, ó ha-

ciéndolo saltar con barrenos ó con la barreta de acero y el mazo ó almaina, encajando aquella en la grieta 4 ó 5 pulgadas un trabajador, y manteniéndola con las dos manos en su posicion propia mientras que otro golpea en su cabeza fuertemente con la almaina hasta que se separa la bastante cantidad de piedra para permitir que la que se desea se mueva de una parte á otra lo suficiente por medio de pequeñas cuñas arregladas por debajo de la barra en el hueco que se forma, y obligar así á la piedra á separarse de su natural cama. Cuando ya está á propósito para removerla, operacion que se infiere ha de ejecutarse por medio de fuertes barras ó palancas, y de modo que se pueda levantar el sillar lo suficiente, se colocan rodillos de madera dura debajo de él para subirlo á una plataforma, plano inclinado, zorra ó rastra á propósito, que es el modo con que se conducen las grandes piedras con ángulos ó esquinas que han de labrarse por los canteros antes de emplearlas. Como el valor de toda piedra grande y buena aumenta segun sus dimensiones, cuando no tiene grietas ó hendeduras, y segun sus caras ó paramentos son lo mas lisos posibles y sus esquinas ó aristas vivas, de modo que el cantero al trabajarla no tenga que desbaratar mucho; la introduccion de cuñas ó palancas dé suficiente fuerza para vencer su peso, no puede dejar de destruir su forma rompiendo las esquinas ó aristas, y de aquí creerse mejor hacer la fuerza desde arriba que levantarla por abajo, ó en todo caso emplear ambas fuerzas al mismo tiempo, de modo que la accion de tirar disminuya el peso. Esto se ejecuta por un artificio muy ingenioso bien conocido á todo albañil bajo el nombre de *clavija* en vez de las tijeras ó garfios. Si una piedra no se levanta de la cantera con la clavija, es seguro que se empleará esta por el albañil al sentarla en su lugar ya labrada, porque es el único medio para levantar, bajar y mover con precision una piedra grande en cualquier sentido, sin recelo ni daño de sus caras ó esquinas labradas.

19. La clavija consta de tres piezas fuertes de hierro que se mantienen juntas por un perno con tornillo y tuerca como manifiesta la figura 1ª, que es la vista de frente de este instrumento ó máquina ya armada. Las caras opuestas de la clavija son paralelas entre sí, esto es, que las piezas tienen el mismo grueso de $1\frac{1}{2}$ á 3 pulgadas ó mas, segun el peso de la piedra que se ha de levantar. Por el frente las dos piezas *cd*, *cd*, son angulares, de modo que su salida es tal, que la parte *d*, *d*, tiene doble ancho que la *c*, *c*,

que puede ser de 1 ó 2 pulgadas de espesor; la del medio es paralela en todo su alto, y su grueso de 2 pulgadas. Así, conforme á estas dimensiones, las tres piezas juntas como en la figura desde *c* á *c* tendrán 4 pulgadas, y desde *d* á *d* 6; pero sacando el perno la pieza central *e* puede separarse, unirse las dos *c*, *c* de los costados, y la distancia desde *d* á *d* reducirse á 4 pulgadas. Si se hace, pues, en la cara superior de un sillar un hueco ó mortaja en forma de cola de milano grande de 4 pulgadas en la parte de arriba, que muera en 6 en el fondo, y de bastante profundidad para que quepa toda la clavija, que puede tener de 4 hasta 6 pulgadas de alto; las dos piezas *c*, *d* podrán introducirse separadamente en el hueco ó mortaja, y despues de colocar entre ellas la pieza del medio con el perno y asa como en la figura, el instrumento ocupa toda la cavidad, y ningun tiro podrá hacerse que no haga efecto en la parte superior de la excavacion ó mortaja de la piedra (nota 21). La fuerza se hace por medio de dos motones ó sistema de poleas, aplicando al extremo de la cuerda la potencia, pasando aquella por un cabrestante de conveniente vuelta, y con las ruedas y piñones correspondientes á obtener la mayor fuerza. El moton superior debe estar unido á un pescante, grúa ó apoyo de cualquiera especie para soportar el peso, en todo semejante al método usado en los buques para levantar grandes bultos. En realidad dicho pescante es un botalon, percha ó viga, colocada tan perpendicularmente como es posible, con su extremo superior y moton elevado sobre la piedra y su parte inferior tan afirmada que no pueda resbalarse (nota 22). El cabrestante se coloca cerca del pié de la viga, percha ó pluma para que el tiro de la cuerda coincida cuanto se pueda con la direccion de la viga, cuyo extremo superior se mantiene en la referida posicion ó puede moverse á cortas distancias de ella; lo primero por medio de tres ó mejor cuatro cuerdas fuertes llamadas cuerdas de retenida ó estais en la parte superior y en direcciones opuestas, y afirmadas ó amarradas en la parte inferior á peñascos ó cabos fuertemente afianzados en la tierra, árboles ó rocas próximas, anclas ó pilotes enterrados; y lo segundo por otras cuerdas mas delgadas llamadas guias ó vientos. Tirando de uno de los vientos y aflojando el otro al mismo tiempo, la posicion del tope ó parte superior de la viga ó pluma cambia para mudar una piedra de un sitio á otro, ó ponerla sobre una rastra y trasportarla. Si la piedra es muy pesada pueden usarse dos plumas unidas en sus topes en forma de A. Dando á las plumas bastante

inclinacion cuando la piedra se saca de su lecho, y luego por medio de los vientos una posicion menos inclinada, se puede levantar y colocar una piedra sobre la rastra, situada esta en la línea que pasa por los dos topes.

20. Cuando las grietas verticales naturales de que se ha hablado no se hallan en las tongas de piedra, ó se desean sillares menores que los que ellas determinan, las grietas ó hendeduras se hacen artificialmente. Estas se reducen por lo regular á una línea de agujeros que se forman en la piedra á regular distancia entre sí en la recta que marca la direccion deseada; despues se colocan en los agujeros una hilera de puntas cónicas de acero, mas largas que ellos, y se golpea sobre ellas al mismo tiempo con mazos, lo que si se hace con igualdad nunca deja de producir la separacion de la piedra en la direccion requerida. Si la piedra se raja fácilmente, se tienen preparadas cuñas de madera seca, de mayores dimensiones que los agujeros, y usadas del mismo modo que las de acero pueden producir igual efecto; y así se hace generalmente para sacar en este pais sillares de granito ó mármol. Si no surtiesen efecto de este modo las cuñas de madera, se hace una pared ó malecon de arcilla al rededor de la piedra, y se llena de agua el depósito que así se forma hasta que queden sumergidas las cuñas de madera, las cuales se hincharán con tal fuerza que no dejarán jamas de separar las masas, si se ha empleado madera dura y perfectamente seca.

21. En las piedras duras el agujero no puede hacerse con taladros ordinarios; así se usa un cincel ó barreno de acero frio (nota 23) de 20 á 26 pulgadas de largo; su ancho igual al diámetro del agujero que ha de hacerse, y su filo de doble corte no agudo. Se sitúa por un trabajador con una mano sobre el punto en que ha de hacerse el taladro, y golpea con un martillo en la otra; ó si la piedra es muy dura lo hace otro trabajador. Entre golpe y golpe del martillo se mueve en redondo el barreno, y se lleva dándole ya hácia adelante, ya hácia atrás, de modo que los dos cortes nunca caigan en la misma direccion, sino que formen una serie de dientes como una estrella. El polvo de la piedra que cae en el fondo se saca con una especie de tornillo formando cuchara como las barrenas. De este modo los agujeros ó taladros se hacen mas pronto que se cree, y regularmente se pagan por pulgadas segun su diámetro y profundidad.

22. El uso de la pólvora para el trabajo de las canteras exige

los mismos taladros; pero para esto deben ser mas hondos que para dividir y sacar sillares. De media pulgada hasta una de diámetro, y siete á nueve de hondo puede generalmente bastar para este último objeto, mientras que para el primero se necesita tengan de 20 á 26 pulgadas de profundidad, que es lo comun, y no menos de una de diámetro. Para la comodidad de la carga del barreno, se pone esta en un cartucho ó saco de lienzo ó franela, teniendo para el cebo en uno de sus extremos una caña ó paja delgada. Si el barreno es húmedo, el cartucho se hace de hoja de lata con un tubo angosto para el cebo. Introducida la pólvora, se pone arena seca sobre ella, é impele hácia abajo, llenando el resto del barreno con arena un poco húmeda; todo lo qué se llama cebar el barreno. La comunicacion con el cebo se hace con algun misto ó pólvora humedecida con agua, ó mecha lenta ó tardía de papel, ó trapo empapado en una solucion de nitro, y de modo que dé tiempo á la persona que ha de poner fuego al barreno para retirarse antes de la explosion; porque los fragmentos de la piedra son arrojados generalmente con tal violencia que pueden ser muy dañosos. Lo mas expuesto al volar un barreno, como dicen los trabajadores, es cuando por la mala colocacion de la mecha vuela la pólvora contenida en el barreno en el momento que el fuego la toca, ó cuando pasa tanto tiempo antes de la explosion, que creyendo el barrenero cortado el fuego ó apagada la mecha, va por sí á cerciorarse precisamente al tiempo mismo de volar. Por una de estas causas han sucedido muchas desgracias; así nadie debe acercarse desde que se encendió la mecha hasta que ha pasado tanto tiempo que la explosion sea imposible. El Dr. Hax de Filadelfia estuvo encargado de hacer experiencias para dar fuego á la pólvora por medio de la pila de Volta, conduciendo la electricidad por alambres largos sin necesidad de mechas lentas ó tardas, de modo que el fuego prenda al instante ó absolutamente no se verifique; y como no queda duda de la eficacia de este procedimiento, son dignas de aprecio las personas que de él se ocupan.

23. Como el mármol y granito han de trasladarse por lo regular á otros puntos, á no ser que se empleen en los parages en que se sacan, será útil saber que se supone que 18,2 piés cúbicos pesan una tonelada inglesa, y de aquí perjudicarse considerablemente con mucha frecuencia los compradores, porque se toma la cantidad cúbica de peso para estimar el precio de conduccion, en vez de hacerlo por la medida; y como la proporcion anterior no es

enteramente exacta, los piés cúbicos rara vez deben medir el valor que se da á la piedra, ó por lo que se vende, especialmente cuando es dura, buena y compacta; pero ligera y mas porosa equivaldrá por el contrario á mas de 18,2 piés por tonelada inglesa.

24. En el órden natural despues de la piedra sigue el ladrillo, que es una especie de piedra artificial (nota 24) usada mas generalmente en construcciones vastas. El ladrillo tiene algunas ventajas respecto á la piedra en razon de la prontitud y facilidad de emplearlo en la obra. La piedra no puede sacarse de la cantera en la figura á própósito para colocarla desde luego, y hay que apelar al tedioso trabajo de labrar muy bien sus caras; y como las piedras son grandes y pesadas, se pierde mucho tiempo en trasportarlas y colocarlas en la posicion correspondiente en la pared ó muro. La piedra no siempre se halla, á causa de las circunstancias locales; pero hay pocas posiciones en que los ladrillos no se logren en el espacio de algunas millas. Son trasportables, se escuadrean y arreglan fácilmente; y si son buenos y se emplean con buena mezcla, formarán un muro mas durable y mejor que el hecho con piedras duras de pequeña magnitud. La estabilidad de una pared de piedra con juntas unidas depende mas de la magnitud y peso de las piedras, que de la adhesion de la mezcla, porque como las piedras duras no son absorbentes, la mezcla no se adhiere á su superficie para producir union. Por el contrario los ladrillos, al cabo de un corto espacio de tiempo formarán un solo cuerpo con la mezcla, y su adhesion será tan fuerte, que con mucha dificultad podrán separarse.

25. Estas son las causas de que los ladrillos se hayan usado por todas las naciones desde la mas remota antigüedad. Se conocen aun hoy los ladrillos de Babilonia, en muchos de los cuales habia inscripciones, y no pocos de los admirables relieves de los antiguos permanecen en las ruinas y manifiestan la perfeccion de los tejares de los primeros tiempos. Algunas de las estructuras de los egipcios y persas, las murallas de Atenas, el Panteon y templo de la Paz en Roma y otras muchas fábricas eran de ladrillo. Lo maravilloso sin embargo es que muchos de estos que acreditan la fecha de 2000 años no estan cocidos para que fuesen fuertes y duraderos, lo que solo puede atribuirse á la extrema sequedad y calor del clima en que estuvieron al aire; porque remojados en agua se desmigajan ó dividen en pequeños pedazos, y descubren pajas, cañas y otras

materias vegetables, de cuya existencia se infiere no haber estado nunca tales ladrillos expuestos á mayor calor que al del sol. En los últimos tiempos los antiguos cocian todos los ladrillos, y estos son los que principalmente subsisten hoy.

26. El ladrillo se reduce á una masa de tierra arcillosa bien amasada con agua, y ablandada de modo que pueda llenarse con ella un molde para que tome la forma de este. Despues se seca al sol, y en seguida se sujeta á un calor que lo haga cocer hasta que se convierta en una materia dura. Este método de hacer ladrillos pone un límite á su magnitud, porque como el material del ladrillo es un mal conductor del calor, si fuesen de mucho espesor, el fuego colocado en lo exterior no podria penetrarlos hasta cocerlos bien sin vitrificar y destruir su parte exterior; por lo tanto su tamaño debe ser tal que queden bien cocidos en el todo. En Inglaterra la magnitud de los ladrillos está determinada por la ley, y no se pueden hacer ladrillos menores ó mayores que los marcados por ella (nota 25). Esta ley es mirada por algunos como opresiva, pero tiene un doble objeto: primero, porque allí los ladrillos estan sujetos á una contribucion de cerca de un duro por millar; y segundo, porque proporciona al que fabrica conocer la exacta cantidad de ladrillos que se puede obtener por una determinada suma de dinero, y evita el fraude de los tejeros haciendo ladrillos pequeños, ó de grueso tal que su interior no quede bien cocido y duro, lo que es causa de las obras defectuosas ó de menor duracion.

27. El autor cree esta ley buena respecto á la determinacion de las dimensiones. En los Estados Unidos no existe, y todo pende de la costumbre local ó del capricho del tejero. Un maestro fabrica ladrillo grueso, y lleva un buen precio porque con él se adelanta mucho la obra: otro vende mas caro, y su género es pequeño, y por lo regular sucede que cuando un propietario no halla toda la cantidad que necesita en un tejar, acude á otro que usa distinta medida, á no ser que se establezca antes un contrato que exprese las dimensiones. En Lóndres los ladrillos tienen 9 pulgadas 7 líneas de largo, 4 pulgadas $3\frac{1}{2}$ líneas de ancho, y 4 con 1 de grueso. En Filadelfia por lo general los ladrillos tienen $9\frac{1}{4}$ pulgadas de largo. Segun las dimensiones de los ladrillos pueden necesitarse mas y gastar mas mezcla en el mismo volúmen de obra: por lo tanto, el arquitecto debe no solo examinar la calidad de los ladrillos, sino tambien su tamaño, así para los cálculos de los presupuestos como para las contratas.

28. Aunque se ha dicho que la arcilla es la mejor materia para los ladrillos, no todas las arcillas son igualmente buenas. La arcilla pura (nota 26) es enteramente blanca, y no debe cambiar de color por el fuego, como se ve en las pipas para fumar que son de esta clase de arcilla. El color oscuro de la arcilla comun generalmente nace del óxido de hierro, por el que toma el ladrillo al cocerlo el color rojo. Y como los de este color no se aprueban ó usan para los trabajos exteriores en Lóndres, que es el parage del mundo donde mas ladrillos se gastan, los tejeros han hallado el modo, al cocerlos, de cambiar el color en amarillo bajo muy semejante al de la piedra de Bath, lo que da excelente vista á los edificios y los hace parecer de piedra. El medio de lograrlo es un secreto entre los tejeros; pero en parte consiste en mezclar greda hecha polvo con la arcilla, y probablemente depende del grado de calor del horno y de la clase de combustible; porque muchos ladrillos que presentan un hermoso y perfecto color amarillo en su exterior, si se rompen se hallan rojos y oscuros por dentro.

29. Una pasta de arcilla dura y tenaz no sirve para hacer ladrillos, porque generalmente se rajan y hacen pedazos en el horno al cocerlos: los tejeros llaman á este material *tierra fuerte*, y prefieren la que llaman *tierra suáve* (nota 27), que es de menos tenacidad y tiene mas semejanza con la arcilla. Cuando el suelo arcilloso no se halla naturalmente, se imita añadiendo arena en considerable cantidad á la tierra si es muy fuerte. Los alfareros de Lóndres, ademas de la arena, añaden á la arcilla una porcion grande de cisco de carbon, asegurando que esto es lo que da al ladrillo el peculiar color, dureza y duracion, lo que parece corroborarse con que en los paises donde no se usa el cisco son los ladrillos rojos y de diferente especie que los descritos.

30. Para explicar la palabra cisco, que parece tener tanta parte en la calidad del ladrillo, debe saberse que en toda la inmensa metrópoli de Lóndres no se usa en las casas otro combustible sino el carbon de piedra quemado, muy semejante al conocido en este pais por *coal* ó carbon de piedra de Richmond en Virginia. Todas las casas tienen lo que se llama un cenicero en alguna parte exterior del edificio, donde se echan las cenizas ó restos del combustible, sirviendo el mismo sitio para los demas desperdicios de la casa que no pueden echarse en la calle (nota 28). Las autoridades parroquiales contratan con los que tienen caballos y carros la limpieza de estos depósitos cada semana ó con mas frecuencia sin ningun

gasto ni perjuicio del inquilino, llevando aquellos todas las materias reunidas á determinados sitios fuera del pueblo. En ellos centenares de hombres, mugeres y muchachos se emplean diariamente en separar y reunir partes de las montañas del esparcido tesoro así arrojado, y que ha venido entonces á ser la propiedad del contratista, en apariencia despreciable á los ojos del público, pero no en la realidad, porque la mayor parte de los que han seguido esta industria, en union con los barrenderos de calles, han reunido en varias ocasiones inmensas riquezas. Se escudriñan los montes de basura minuciosamente, y cada átomo de ellos pasa por diferentes graduaciones de cernidos, y por cedazos mas ó menos finos. Trapos, hierro viejo, metal, huesos y otras materias semejantes, que por lo regular se tiran mezcladas con las cenizas, forman el agregado de la masa, y todas estas cosas se separan y colocan en montones aparte. El fabricante de papel se provee de trapos para papel comun de cubiertas ó de envolver: el hierro viejo vuelve á la fundicion para ser manufacturado como raeduras de hierro ó mocos de herrero (*scrap*). El espíritu de cuerno de ciervo y el negro de marfil se suplen con el hueso. Se obtiene mucho carbon nuevo sin consumir y apagado, lo que constituye el combustible con que se cuecen todos los ladrillos de Lóndres; mientras que las materias mas pequeñas é incombustibles, formadas de unas partes muy pequeñas de carbon quemado, ó coal nuevo, ó materias animales descompuestas, y cuanto puede hallarse mezclado en la masa es el cisco; este se une con la arcilla; es en gran parte el combustible expuesto al alto fuego requerido para cocer el ladrillo, y se cree contribuye á que penetre el calórico rojo en toda su sustancia mejorándolo mucho.

31. Se necesita mucho cuidado y minuciosidad para preparar la tierra de los ladrillos de modo que resulten de igual testura, y limpiarlos en cuanto sea posible de todas las piedras que pueden variar su forma estallando en el fuego ó vitrificándose (nota 29). Los ladrillos de Filadelfia son de tan buena calidad, que conviene describir las operaciones de su elaboracion, é indicar la diferencia de esta con la de las cercanías de Lóndres. La arcilla en ambos paises se saca ó excava invariablemente en el otoño, y durante el invierno antes de los hielos. El terreno se divide en superficies rectangulares llamadas *azadonadas* de $4\frac{1}{2}$ piés de ancho y $17\frac{1}{2}$ de largo, las que con un pié de hondo producen la cantidad de tierra necesaria para 1000 ladrillos, y en consecuencia cada pié de pro-

fundidad equivale á igual número de aquellos. La tierra se lleva en parihuelas á un terreno próximo, anticipadamente dispuesto para el efecto, algo inferior al nivel general inmediato para que el agua entre en él. En este terreno se amasa la tierra y hace el ladrillo, si está á propósito para el efecto; y si no, se añade arena en la cantidad correspondiente, á juicio del tejero, para que resulte suficientemente suave. En este mismo tiempo es cuando se añade en Lóndres el *breeze* ó cisco, que llenando el objeto de la arena, se pone esta ya en menor cantidad. Despues se revuelve, corta y trabaja la masa con la azada, añadiéndole agua (nota 30) para ablandarla, y reunida en dos montones la cantidad de dos azadonadas, suficiente tierra para construir 2000 ladrillos, se exponen al hielo, que cuanto mas fuerte es, tanto mayor será la incorporacion. Nada mas hay ya que hacer hasta la primavera, cuando el tiempo calienta y deshiela los montones; y si efectivamente ha helado no quedará ningun terron, sino que todo se habrá convertido en una masa uniforme y suave. Si está muy mojada se abre el monton para que se seque; ó si está muy seca, se añade mas agua, antes del último trabajo que se ejecuta con la herramienta llamada *batidor*, para hacer toda la masa uniforme y suave. Despues se oprime, se pisa y se cubre con tablas, mantas ó ramas para prevenir los perniciosos efectos del sol y aire, y ya entonces está en disposicion de pasar al molde. El moldeador está en una mesa ó banco al aire libre, bajo de un colgadizo, para resguardar del sol y lluvias la arcilla del monton amasado, que le lleva un muchacho con tablas colocándolo inmediato á la mano izquierda de la mesa; otro muchacho le provee de arena seca traida de antemano y colocada á la mano derecha; y en fin, un tercer muchacho está de pié al frente para trasportar los ladrillos tan pronto como se hacen. El molde es de caoba ú otra madera dura, con cantoneras de hierro y rodeado de planchas del mismo metal en las dos caras superior é inferior, ó muchas veces forrado con hierro de algun grueso: tambien se han hecho moldes enteramente de este mismo material; pero eran muy pesados para obras prontas, y muy frios al tacto al principio de la primavera. El molde consiste en los cuatro lados de una caja, pero sin tapa ni fondo, pues este último lo forma la tabla de la mesa; y como esta puede estar muy lisa, y tambien para evitar el que se gaste con el uso, puede cubrirse con una chapa de hierro. El que moldea cubre primero la tabla con una tonga espesa de arena, y separando con las dos manos, unidos los extremos de los dedos, una porcion suficiente de arcilla para uno y cuarto ladrillo, la extiende en la tabla oprimiéndola con las palmas de aquellas, primero arrollándola hácia él, y despues en sentido contrario y comprimiendo los extremos para que la pasta tome una figura semejante á la del molde en que ha de echarse bañado este instrumento de arena, y oprimiendo la pasta fuertemente para que llene bien todo el molde y las esquinas ó ángulos. La tierra sobrante se separa por medio de una herramienta de acero semejante á un cuchillo grueso y ancho, llamado *rasero*, que se corre á lo largo del molde. Despues de haber regado la parte superior del ladrillo con arena, se la sobrepone una tabla delgada, llamada de *vuelta*, tan ancha como el molde y de tres pulgadas mas larga; y con ella, dando vuelta al molde, puede suspenderse y llevarse el ladrillo cuidadosamente con las dos manos, y así blando dejarlo á un lado. Si queda alguna arcilla pegada al molde, se limpia este y rocía de nuevo con arena, preparándolo así para hacer otro ladrillo. Debe observarse que el molde puede tener media pulgada de largo y un cuarto de ancho, y de alto mas que la dimension del ladrillo que se trata de hacer, porque toda la arcilla se encoge otro tanto, ó tal vez mas al secarse.

32. Para colocar los ladrillos ya hechos hay un terreno alto, llamado el *suelo*, y está formado de *caballetes*, que son unos malecones de tierra perfectamente nivelados, de 2 piés 3 pulgadas de ancho, 7 á 9 pulgadas de alto sobre el piso, y de 45 ó mas piés de largo, que sirven para poner sobre ellos los ladrillos á secar. Su direccion es de Norte á Sur para que ambos lados de la pila puedan recibir en la debida proporcion la presencia del sol, y ademas deben estar separados $4\frac{1}{2}$ piés entre sí, para que entre ellos pueda circular una parihuela ó carretilla. El muchacho que recibe los ladrillos del tejero los agarra por el extremo de la tabla de vuelta y los coloca en la carretilla, que tiene un tablero elevado y horizontal mientras rueda; contiene 20 ladrillos. Las carretillas deben rodar sobre planchas de madera para que no se rompan los ladrillos aun blandos. El muchacho los lleva á uno de los malecones y los deja sobre él, con la tabla de vuelta ó asiento por debajo, hasta que la hilera está casi llena, lo que da tiempo para que se sequen y tengan alguna mas consistencia, como sucederá al cabo de hora y media en tiempo bueno: otro muchacho situado en los malecones, los recibe y coloca en el malecon inmediato, rociado antes con arena limpia, y al colocarlos se ponen sobre sus aris-

tas inclinando la tabla de asiento ó vuelta con una mano, y llevando la otra al ladrillo, mientras los hace resbalar sobre la tabla, la que pone luego en el carretoncillo ya vacío, y se vuelve al torno ó mesa. Los ladrillos blandos quedan así colocados de un modo angular como una empalizada, pero en ningun caso separados en la parte mas ancha arriba de 2 pulgadas, y sin tocar en ningun punto. Terminada la hilera, se rocian con arena los topes ó extremos superiores de los ladrillos. Si la hilera es larga, los colocados al principio pueden estar bastante secos para poner encima una segunda hilada, y así hasta ocho, formando lo que llaman *palomares*, y es el mayor número que puede colocarse sin riesgo de que se rajen ó deformen los inferiores; aun aquel número no debe admitirse si los malecones no son largos y el tiempo bueno y seco. El objeto de colocar los ladrillos aislados de este modo, es para que el aire los bañe en todos sentidos, y los seque tan bien como sea posible; pero no tan pronto que se hiendan ó rajen. Si el sol fuese muy fuerte, necesita cubrirse el malecon, lo que se consigue con marcos ó zarzos ligeros de mimbres y cañas ó paja unidos entre sí, á los que se les da $6\frac{1}{2}$ piés de largo y el alto de los malecones. Estos zarzos son tan útiles que debe tenerlos sin falta todo tejero, porque proporcionan defensa, así contra el sol como contra la lluvia y el hielo (los mayores enemigos del trabajo del tejero); ó se colocan en una posicion angular para que reunan y dirijan el viento á los malecones si se ve que los ladrillos se van secando muy poco á poco. Si sobrevienen aguaceros que destruirian el trabajo, se cubre la parte superior de los malecones poniendo cañas ó paja larga trasversalmente sobre el extremo de los zarzos, evitando se vuele aquella por medio de tablas ó piedras puestas encima. El levantar los malecones sobre el suelo natural tiene por objeto mantener la parte inferior de los ladrillos libre de la humedad producida por las lluvias.

33. Al cabo de una semana ya estan los ladrillos suficientemente secos para moverlos, lo que se hace trasladándolos del malecon en que primero se pusieron á otro vacío inmediato á la izquierda, dispuesto para el efecto. Se colocan como antes sobre su borde, pero paralelos entre sí á distancia de una pulgada, y la parte que antes cayó hácia abajo debe caer hácia arriba. En la segunda hilera cada ladrillo se coloca atravesado entre los claros de los dos de abajo, y de modo que así sucesivamente vayan todos hasta completar las ocho hileras para formar los palomares. Con

este método se presentan bien al aire, y como ya los ladrillos estan medianamente secos, y no necesitan del sol las últimas hileras ú órdenes, se cubren algunas veces en toda su extension con un ligero techo de paja para librarlos de la lluvia; y si no está pronto el horno, se guardan por precaucion dentro del edificio. En algunas ocasiones es preciso remover las hiladas cuatro ó cinco veces antes que los ladrillos esten bastante secos para llevarlos al horno, y se necesitan para que se sequen de tres á cinco semanas, segun el estado de la atmósfera y tiempo.

34. Los ladrillos en las cercanías de Lóndres se hacen siempre por piezas. Un maestro hábil, con cuanto necesita á mano, puede hacer y colocar de 5 á 7000 ladrillos en un dia de catorce horas de trabajo, ó cerca de 500 ladrillos por hora; pero para esto se necesitan seis ayudantes, los cuales son muchachos. Estos les dan el barro amasado y la arena, así como el agua para mojar la herramienta; trasladan los ladrillos tan luego como estan formados, y vuelven á traer las tablas de asiento ó vuelta.

Cuando solo se requiere una pequeña cantidad de ladrillo en parage en que no se hallen hechos ó para obras pequeñas de particulares, la arcilla puede templarse y mezclarse colocándola sobre un suelo duro, y amasándola con agua con una pala ó azadon, y templándola sin esperar al hielo para romperla. En este caso puede emplearse mas agua que cuando se trata de templar la tierra; pero puede procederse desde luego, ó despues que se seque, ó exponerla á secarse; en fin el modo de hacer los ladrillos y secarlos es como ya se ha dicho, pero en menor escala.

35. En las cercanías de Lóndres, en que los pedidos de ladrillos son tan grandes, los tejeros desahogados siguen un método distinto del descrito anteriormente para amasar y preparar la arcilla; pero no hay ninguna variacion en el modo de moldear y de secarlos en los malecones. La arcilla se saca en otoño y se deja helar como de costumbre; pero en vez de apilarla en pequeños montones, se forma una inmensa pila, como que el hielo en lo interior no es de tanta importancia cuando se hace uso de las máquinas. Al empezar á romper el hielo, la arcilla se lleva en carretoncillos á un *molino de barro*, el que se mueve por un caballo, y se incorpora con la correspondiente cantidad de arena, greda ú otros materiales, y agua que se se levanta é introduce en el molino por la misma potencia, y en tal cantidad que reduzca toda la tierra al estado necesario para que pueda pasar por una abertura hecha en

el fondo del molino, y de la cual cae el barro así dispuesto sobre una criba ó colador de alambre que intercepta toda piedra ó cuerpos extraños, si su tamaño puede ser dañoso á la confeccion del ladrillo. Esta tierra desleida ó lodo, se deposita en dos estanques muy capaces, de 3 ó 4 piés de profundidad, colocados de suerte respecto al molino, que el producto de este puede introducirse en ellos, segun acomode, por medio de caños. El material disuelto va á uno de estos depósitos hasta que está casi lleno, que entonces se lleva al otro, y cuando el segundo lo está tambien, las materias térreas subsisten en el primero no dejando otra cosa sino agua clara en la superficie, que se decanta cuidadosamente por medio de canillas ó grifos colocados muy cerca entre sí uno debajo del otro, en agujeros hechos en una plancha gruesa puesta hácia la parte superior del depósito. De este modo sale el agua dejando en el depósito un lodo fino, igual y de tal consistencia, despues de seco, que puede sacarse con palas, ponerlo en carretoncillos y conducirlo. La carga del molino se dirige entonces otra vez al primer depósito, el cual se llena mientras se secan y remueven del modo dicho las materias contenidas en el segundo. De este modo la arcilla se divide y rompe ó amasa mas minuciosamente que lo que puede lograrse por el primer procedimiento ó mano del hombre. En el estado blando, cuando se mueve la primera vez está en excelente condicion para recibir el cisco fino cernido, ú otra materia necesaria para mejorar la calidad ó color del ladrillo. Despues de esto, todo lo que es preciso para disponer la tierra á propósito para los moldes, consiste en exponerla unos cuantos dias al aire, que esté suficientemente seca para el uso, y proceder en lo demas exactamente conforme á lo ya descrito, á menos que no se emplee en vez de la mano del maestro para hacer los ladrillos una máquina premiada ó de privilegio. Las hay de varias clases que se asegura dan ladrillos mas compactos que los hechos á mano, porque producen mayor fuerza para comprimir la arcilla en el molde, que la que puede emplear el maestro ó tejero trabajando todo el dia.

36. La forma de un molino de barro y su relacion con una bomba que lo provea de agua se ve en la figura 2ª. Se reduce á una tina muy fuerte cónica, *a*, formada de duelas de roble de mas de 2 pulgadas de grueso, reunidas por fuertes aros de hierro, como los barriles. Sus dimensiones dependen de la cantidad de material que se ha de trabajar; pero generalmente tiene $4\frac{1}{2}$ piés de diámetro en la base, y 4 piés en la boca, y $6\frac{1}{2}$ piés de alto. No tiene fondo, supliéndolo el terreno llano en que se sienta, y para que la tina quede mas fija, se rodea de tierra toda su parte inferior; y en fin se coloca en terreno de arcilla ó tierra impermeable preparada á propósito. En esta tina ó cuba se pone la arcilla que ha de sufrir la accion de los peines ó agitadores que la revuelven, representados en la figura 3ª (que es el perfil trasversal en escala mayor con la vista interior del molino); *b*, es un eje vertical de hierro, cuyo extremo inferior, que gira en un quicio ó espejo, tiene un gijo ó pivote ó trompo *c*, del mismo metal, enterrado aquel en el piso, ó lo que es mejor en un cuarton horizontal de madera, tambien enterrado. Dicho eje tiene varios brazos horizontales *d*, *d*, de hierro, y otros en ángulo recto, todos erizados de dientes como los de un rastrillo, y de igual longitud y grueso, con vuelta hácia afuera, para que levanten la arcilla, que por su peso cae entre ellos hácia el fondo de la cuba. Así por las dos acciones, los terrenos ó pedazos se rompen y mezclan con el agua, y la arcilla se desmenuza mejor y con mas prontitud, reduciéndose á una masa mas uniforme que la que resultaria de la mano del trabajador. Una pala inclinada cortante, su longitud casi igual al radio del fondo de la cuba, se fija en *f*, con el objeto de mover el material del fondo, é impedir la adhesion de la arcilla con el terreno, porque de otro modo se taparia el agujero por donde sale aquella desleida. La figura 2ª manifiesta el modo de fijar y dar movimiento al molino. Una viga larga *g*, sostenida por dos postes firmemente enterrados y ligados convenientemente, forman un todo sólido y fuerte. La parte superior del eje *b*, entra en una mortaja de hierro *h*, de modo que pueda girar con libertad. En *i*, hay una palanca de madera unida al citado eje, y en su extremo se coloca el animal que ha de servir de potencia, describiendo una circunferencia cuyo diámetro no debe pasar de $17\frac{1}{2}$ piés, para que el movimiento sea pausado. Si la cuba es ancha y la arcilla dura, será preciso una doble palanca como *i*, empleando dos caballos en puntos opuestos; pero esto no es necesario si el molino se surte con bastante agua. Esta se saca por medio de una bomba de un depósito siempre lleno, y tambien puede proporcionarse por el movimiento del caballo si se fija en el tope del eje una cigüeña *h*, y se une por una caña ó brazo *m*, á una palanca curva *l*, que mueva el eje del émbolo *p*, y extraida el agua es conducida por el hornajo ó caño *u*, al molino. Aquel puede tener un registro, para si entra mucha agua abrirlo y darla salida á otro paraje. Desde el sitio en que se tiene

reunida la arcilla hasta tropezar con los durmientes ó soleras *g*, se ponen tablas por donde llegan las carretillas á la tolva *q*, en la que se echa la arcilla que se quiere introducir en la cuba ó molino, hasta que está perfectamente molida, y esto se regula por medio de la puerta *r*, que abierta mas ó menos, permite que el lodo ó arcilla desleida salga con mayor ó menor rapidez. El contenido se descarga en un pequeño desaguadero *s*, que pasa por debajo del anden del caballo, y va á una caja ó depósito que contiene su criva de alambre, para detener las piedras ó materias de cierto tamaño, que se mezclarán con el material del ladrillo: la criba ó rejilla está colocada al extremo del caño movible, que conduce el lodo á uno ú otro de los depósitos, antes mencionados, segun conviene.

37. Todo lo que resta que hacer es el cocido de los ladrillos, operacion de gran esmero, porque si no estan bien cocidos serán blandos y sin precio, y si han sufrido mucho fuego se vitrifican, pierden su forma y se funden juntos, hasta quedar inseparables é inútiles. En consecuencia se han ideado varios modos para obtener el correspondiente grado de cochura, que es como se llama. Por lo general los ladrillos se cuecen, así en Inglaterra como en este pais (Estados Unidos), en un edificio á propósito llamado horno de ladrillo. Sin embargo, en Lóndres la cochura se verifica siempre al aire libre, colocando los ladrillos en grandes pilas cuadrangulares, cada una de 200 hasta 500 millares. Creen muchos que el horno produce el mejor ladrillo, ó en todos casos mayor número de buenos ladrillos relativamente á la cantidad dada, y que consume seguramente menos combustible. Pero como no se usan en los grandes tejares de Lóndres, en donde ningun trabajo ni gasto se perdona para obtener lo mejor y mas ventajoso, es de creer que hay alguna objecion contra ellos, porque si fuesen reales sus ventajas de fijo serian adoptadas.

38. El horno, como se hace generalmente, consiste en una fábrica de ladrillo, cuadrangular como una caja, con muros de mucho espesor, y una entrada en cada testero para introducir y sacar los ladrillos. Estas puertas estan cerradas con ladrillos sin cocer, ó adobes, sentados con barro ó arcilla mientras el horno arde. Este se cubre por lo regular provisionalmente con algun material ligero para resguardar los ladrillos crudos de las lluvias, mientras se hallen en este estado, y despues de apagado el horno ó hecha la cochura se quita fácilmente el colgadizo. Los hornos ingleses por lo

regular tienen $14\frac{1}{2}$ piés de largo, 11 de ancho y $13\frac{1}{4}$ de alto; contienen 20000 ladrillos. La leña es el combustible ordinariamente usado, y por lo regular se hacen con repartimientos en forma de arcos para poner aquella y para soportar los ladrillos, como va á describirse. El horno no tiene chimenea, como que su principal objeto es dirigir el calórico por entre los ladrillos apilados sobre él. Para esto deben colocarse con gran cuidado de un modo particular, y esta operacion se llama armar ó cargar el horno, y se hace por uno ó dos inteligentes, á los que se les llevan los ladrillos crudos en parihuelas. La colocacion es casi la misma en los hornos del país ó en las pilas de Lóndres, con la diferencia que en estas los arcos son mucho mas pequeños, porque la leña se destina para encender y no para cocer.

El fondo del horno se deja en hileras regulares de dos ó tres ladrillos de ancho con un intervalo de dos ladrillos entre sí, y estas hileras son otros tantos muros á lo largo del horno, y á su alrededor, de seis á ocho tongas de ladrillo de alto para que quede el horno segun la figura 4.ª, que es una vista por su extremo, y estas hileras permanecen siempre en los hornos que tienen sitios para el fuego ú hogares en sus pisos, ó hay que formarlas antes de usar el horno cuando su fondo es llano. Los intervalos entre las hileras se rellenan primero con astillas ó con matorrales ligeros y secos (bruscas), ú otra cosa que arda con facilidad, despues con otros matorrales hechos trozos para que pueda quedar compacto, y últimamente con trozos hendidos ó rajas de leña dura. Despues empieza el arranque ó formacion de los arcos, para lo que cada hilada de ladrillos va saliendo $1\frac{3}{4}$ pulgada mas que la que le antecede ó queda debajo, hasta poner cinco hiladas, teniendo cuidado de apoyarlas por detras con ladrillos contra las hileras que se vàn remetiendo. Del mismo modo se coloca un número igual de hiladas en el lado opuesto, y así se forma el arco llamado forro, operacion minuciosa é importante, porque si falta ó cae el arco, el fuego puede apagarse y romperse muchos de los ladrillos que estan sobre él. El espacio que queda entre los arcos se rellena de modo que el todo resulte á una misma altura, y se sigue cargando el horno de un modo uniforme hasta que se llegue á toda la altura. Al cargar el horno, no solo en su cuerpo, sino tambien en sus arcos, los extremos de los ladrillos se tocan, pero pueden dejarse espacios estrechos entre las caras de ellos para el paso del fuego, y esto se consigue colocándolos sobre sus cantos, y siguiendo lo que se llama por los

tejeros regla de tres sobre tres, trastornando la direccion de cada hilada como se ve en la figura 5ª Lleno el horno, la última hilada se pone de plano, de modo que un ladrillo cubra parte de otros tres, lo que se llama tejer.

39. Los hornos de Filadelfia se construyen y cargan de un modo casi igual al descrito, pero son mas anchos, pues tienen de luz 139 piés, y tambien mas altos, mas no se colocan arriba de 35 ó 36 hiladas de ladrillos. Un horno de estos cuece 140000 ladrillos, y consume de 40 á 50 cuerdas de leña (nota 31).

40. Construido el horno se calienta, operacion delicada y que exige práctica. El fuego se pone debajo de los arcos, pero hay que tener mucho cuidado y vigilancia, porque como es en tan ancho espacio, puede el fuego prender con violencia y producir repentinamente un calor que raje ó inutilice los ladrillos que estan mas bajos. Para moderar el fuego se tapan los agujeros ó bocas de los arcos con ladrillos en seco, que se cubren con barro para quitar toda comunicacion al aire y la rápida combustion que se originaria. El fuego debe disminuirse mas bien que aumentarse, para que un calor suave pueda evaporar la humedad que queda en los ladrillos, y produzca mas bien el que se sequen que el que se quemen. El fuego lento debe durar tres dias con sus tres noches, abriendo los respiraderos solo de cuando en cuando para dar aire ó añadir leña, y manteniéndolos cerrados en todo ó en parte hasta que el fuego gane lo alto, como dicen los trabajadores; esto es, hasta que ha hallado su salida por todos los intersticios entre los ladrillos y empieza á calentar los que estan en la parte mas alta. Para cerciorarse del progreso del calor se observa este, y tan pronto como el humo cambia su color claro en oscuro, la sequedad se ha completado y el fuego puede aumentarse. El primer humo de color claro, llamado *humo de agua*, no es en realidad mas que el vapor de esta mientras se evapora, pero concluido esto le sucede el humo verdadero del combustible, y ya pueden abrirse los registros para obtener la corriente total del aire, y un fuego fuerte que dure de 48 á 60 horas; pero el calor no debe ser blanco ó tan fuerte que vidrie los ladrillos; y cuando se nota que aumenta con rapidez se cierran los registros parcialmente. En este tiempo el horno que contiene 35 hiladas se verá ha bajado como 10 pulgadas, y cuanto mas fuerte sea la arcilla mas se contraerá, y esta es una señal para que el trabajador conozca cuándo la hornada se ha cocido suficientemente. La experiencia de cocer unos pocos ladrillos probará cuánto la arcilla de aquel paraje en particular cede al fuego. Seguro ya de que la hornada está concluida se tapan todos los registros con ladrillos y barro, y así permanece el horno aun despues de frio y hasta que se trate de sacar los ladrillos.

41. Por la naturaleza del anterior procedimiento es evidente que ha de haber en una misma hornada ladrillos de muy distintas cualidades; porque como el fuego está en la parte inferior, los ladrillos inmediatos sufrirán un calor mas intenso, ó tal vez se vitrificarán, los del medio se cocerán bien, y los de arriba quedarán á medio cocer. Por lo tanto, si estos estan de recibo deben conservarse para las partes interiores del edificio no expuestas á las variaciones del tiempo, ó de lo contrario pronto se destruirán y caerán á pedazos.

42. En el método de Lóndres de pilas abiertas sin horno, el apilado y disposicion de los ladrillos es el mismo descrito, excepto que el fondo de los arcos es mucho menor, y solo dispuesto para contener ramaje que produzca llama, y no para el sucesivo suplemento de leña. Solo se usa como combustible el cisco, de que ya se ha hablado, y este se distribuye por medio de cribas de alambre separadas media pulgada entre sí, sobre cada hilada hácia el fondo, y sobre una sí y otra no, ó sobre cada tercera hilada hácia lo alto. Las primeras capas de este combustible son de 1 á $1\frac{1}{2}$ pulgada de grueso, pero disminuyen conforme van ascendiendo, porque la accion del calor es la de subir, por lo que no necesita igual combustible en la parte superior que en la inferior de la leña, y por la naturaleza de su distribucion el fuego baña las juntas verticales y horizontales, y así sube este gradualmente y toda la pila se reduce á una masa de ladrillos y leña ardiendo. El calor por esto se distribuye mucho mas generalmente por entre toda la masa, y para encerrarlo, toda la parte exterior de la pila se revoca con una capa espesa de barro, arcilla y arena, y los registros del fondo se abren ó cierran, segun conviene regular la corriente de aire.

43. Aunque el calórico se distribuye mucho mas igualmente en esta clase de hornos, tambien la parte exterior de los ladrillos de todo al rededor no queda bien bañada de fuego y nunca se cuecen; pero estando en la parte exterior se remueven con facilidad y sirven para encajonar la misma parte de la pila que se haga despues, colocando hácia adentro la parte de los ladrillos que antes cayó hácia afuera, con lo que algunos se utilizan. En Lóndres al desha-

cer la pila se separan los ladrillos en tres clases ó montones, segun su perfeccion y bondad. Los muy cocidos, pero que no han perdido su figura, se llaman ladrillos de paramento y se usan para paramentos de muros de consideracion, ó para enlosados, porque su dureza los hace á propósito para esto. El centro de las pilas da ladrillos bien cocidos y de forma regular, de que se construyen generalmente las casas; y los mal cocidos ó que son blandos se emplean en las divisiones y paredes interiores que han de revocarse, ú otras obras que no han de quedar á la vista ni á la intemperie. El precio de cada una de estas clases es muy diferente, llegando el de la clase mejor al doble del de la peor. Si no se ha cuidado del fuego, y ha sido muy fuerte, algunos de los ladrillos inferiores podrán descomponerse por una fusion parcial, fundirse y unirse á otros. Entonces no sirven para fábricas, pero sí como excelente material para caminos. En este pais (Estados Unidos) son diferentes los nombres de los ladrillos, pero tienen el mismo orígen, llamándose de cocido fuerte, ó ladrillos de arcos, del centro y blandos. La bondad de los ladrillos se deduce de su figura regular, de su tenacidad y dureza, de su sonido y de su impermeabilidad ó posibilidad de resistir al hielo. La tenacidad y dureza se experimentan golpeando un ladrillo contra otro, ó dejándolos caer sobre un suelo de piedra; debe tambien aguantar un golpe fuerte con el borde de la llana antes de partirse. Su sonido ha de semejarse al del metal. Si se parte al primer golpe, ó en la caida se hace polvo, el ladrillo es blando y no sirve para las paredes gruesas y de peso, especialmente en la parte exterior; y de fijo padecerán con el hielo y se romperán. La absorcion del ladrillo se juzga pesándolos cuando estan secos, metiéndolos despues durante una hora en agua y volviéndolos á pesar. Los ladrillos que chupan la mayor cantidad de agua son inútiles para el uso cuando han de quedar expuestos á la accion de aquella. El peso establecido del ladrillo seco y sonoro (*stock*) es de 4 libras 15 onzas (la libra de 16 onzas) (nota 32).

44. Ademas de los dichos hay otras dos clases de ladrillos llamados cortados ó raspados, y refractarios ó ladrillos de fuego (nota 33). Los primeros se usan mucho en Lóndres pero no en los Estados Unidos; se hacen del mejor y mas elegido material, mucho mas cernido que el de los comunes, y se conducen con todo cuidado. Derivan su nombre de ser perfectamente homogéneos y sin piedras ó partes duras para poderlos cortar con sierra ó reducirlos

á determinada forma, y despues frotarlos en una piedra á propósito hasta que adquieren una superficie perfectamente lisa. Se usan solo para molduras y adornos, para arcos, suelos, sobre las puertas, ventanas y nichos y obras semejantes (nota 34).

45. Los ladrillos refractarios se emplean para la parte interior de los hornos de todas clases en los que el calórico ha de ser tan grande que pueda fundir ó vitrificar los ladrillos ordinarios (nota 35). Tambien se usan para aquella parte donde se sitúan las calderas de las máquinas de vapor mas expuestas al fuego, y para hacer el interior de los hogares destinados á quemar el carbon coal antrácito. Hasta hace poco estos ladrillos venian de Inglaterra, donde se hacian de dos clases, llamadas Stonebridge y Windsor, ambas excelentes, pero de muy distinta calidad, sacando sus ventajas de la clase de tierra de que se hacen (nota 36). El ladrillo Stonebridge es siempre mas largo que los otros ladrillos, de un color amarillo bajo ó rojo: estando bien cocido, tan duro que da chispas con el eslabon y no tiene facultad absorbente; roto se ve que está principalmente formado del mismo ladrillo anteriormente quemado y reducido á polvo grosero, y despues amasado de nuevo con la misma cantidad de arcilla refractaria. El Windsor, por el contrario, es de menor dimension que el comun, y es tan blando y tierno que apenas puede manejarse sin romperse, y entonces se nota que todo su material consiste en arena cimentada y unida por una parte muy pequeña de tierra arcillosa. Esta clase es el todo de un color oscuro resplandeciente rojo, y es tan blando que puede hacerse de cualquier figura con una sierra ó cuchillo comun, y sin embargo aguanta un calor tan alto como la otra clase y llega á ser muy duro y durable despues de haber sufrido el expresado calor. Por esta razon se emplea constantemente para formar el arco sobre la corriente en hornos de reverbero para fundir el hierro. Un ladrillo semejante se fabrica en Cheam de Surrey, y como está marcado con P. P. se conoce con el nombre de P. P., ó ladrillos sin igual. El millar de cada una de estas clases cuesta en Lóndres 40 duros. En los últimos años la clase Stonebridge se ha imitado mejor en los Estados Unidos en su tamaño, color, testura y calidad. El autor ha comparado estos ladrillos con los de Inglaterra, y los ha encontrado iguales en bondad y fuerza para resistir el fuego. Cuestan algo menos en Baltimore que en Inglaterra, y de aquí salir mucho mas baratos que los que se importan. No se han hecho tentativas para imitar el ladrillo *sin igual*, pero no hay duda de que

se puede hacer lo mismo que los otros. Los ladrillos duros pueden usarse en todos los hornos sujetos á golpes ó concusiones, como en los que se meten grandes trozos de leña ó en que el fuego se mueve con largos hurgones; pero para los sitios que no estan expuestos á tales golpes, y en donde el calor es muy grande, los ladrillos tiernos son preferibles. Del material de Stonebridge se hacen grandes piezas llamadas trozos, y son muy útiles para la construccion de muchos hornillos. Tambien se hacen ladrillos refractarios en forma de cuña para arcos y segmentos de círculo, para hornos circulares y chimeneas.

46. De los ladrillos comunes se forman generalmente los que se llaman ladrillos de cañería, haciendo aquellos bastante anchos para que puedan contener una cavidad circular de tres pulgadas de diámetro en uno de sus lados; de modo que dos ladrillos puestos encontrados y unos sobre otros formen un tubo ó conducto de tres pulgadas de diámetro con su planta exterior rectangular.

47. Las tejas son una especie de ladrillo delgado, exclusivamente hecho para cubrir los edificios. Se usan tan poco en los Estados Unidos, que no parece casi necesario hablar de ellas, si no fuese para completar la descripcion de los ladrillos. En Lóndres casi todas las casas particulares estan cubiertas con tejas, y ellas y las pizarras forman las únicas techumbres, excepto en pocos casos que se emplean planchas de cobre ó de plomo para tejados planos. El empizarrado solo se usa en los mas elegantes y costosos edificios, por ser cubierta mas ligera y de mejor apariencia que las tejas. Seguramente el único inconveniente de las tejas es su peso, de que resulta necesitarse mayores dimensiones en las maderas de la armadura. Pero sin embargo reunen ventajas sobre los dos expresados metales, que tienen el defecto de trasmitir fácilmente el calor y el frio á los pisos que cubren, así como el ruido de las lluvias; ademas la facilidad de la dilatacion y contraccion, lo que causa las grietas que dan paso al agua. Las pizarras por ser muy delgadas y ligeras se mueven y aun levantan con los grandes vientos; son tan quebradizas que se rompen fácilmente si se pisan, y trasmiten el frio y el calor prontamente; mientras que las tejas son muy pesadas para que las levante el viento, son malos conductores del calor, son fuertes, y puede decirse que eternas; así las mas viejas se tienen por las mejores, porque con el tiempo pierden la facultad de absorber; son mas baratas que las otras cubiertas, resguardan perfectamente de la intemperie, resisten al fuego y necesitan pocos reparos.

48. La hechura de tejas es una ocupacion distinta de la de los ladrillos, y rara vez se hacen por una misma persona: requieren arcilla mas fuerte que la de los ladrillos, menos cantidad de arena, y ningun cisco. La arcilla se amasa algunas veces en molinos de barro; pero generalmente con las manos, porque se necesita mucha menos cantidad de tejas que de ladrillos; pero se forman casi del mismo modo, se dejan secar al aire libre y se cuecen en hornos cónicos fabricados de ladrillo, ú *horno de tejas* en que se sigue un método muy semejante al usado en la obra de alfarería.

49. Las tejas son de tres clases, planas, de canelon y de lomos y cada clase del mismo tamaño. Las tejas planas ó llanas son las mas usadas por proporcionar un buen aspecto y perfecta cubierta contra la intemperie, y así en Inglaterra la mayor parte de las cubiertas son de estas tejas: tienen $11\frac{1}{2}$ pulgadas de largo, $6\frac{3}{4}$ de ancho y $\frac{3}{4}$ de pulgada de grueso: cada teja pesa 2 libras y 4 onzas. A su extremo se las hace un agujerito para introducir clavijas de madera de que penden las tejas sobre fuertes listones clavados de un par ó parehuelo á otro: las tejas se dejan en seco sin mezcla traslapándose justamente unas á otras como el *tejamaní* ó tablitas delgadas para el mismo uso (nota 37). Si se asientan con una pequeña cantidad de mezcla, estas tejas resisten no solo á la lluvia sino igualmente á la nieve, y como son muy malos conductores del calor, la cubierta hecha con ellas protege en gran manera al edificio de las variaciones atmosféricas.

50. Las tejas acanaladas son tejas planas de mayores dimensiones, á las que al tiempo de hacerlas se las da una forma curva para colocarlas sobre los ángulos hechos por los bordes de cada dos hiladas de tejas puestas, y que quede así un conducto ó canal completo para separar el agua de la cubierta. Siempre se asientan con mezcla, y ademas se mantienen por debajo con un clavo particular, delgado con larga cabeza, hecho á propósito y dirigido entre cada teja dentro de la pieza de madera, de modo que la cabeza de un clavo haga á dos tejas y evite se separen ó dejen su sitio, aun cuando se inutilice la mezcla.

51. Las tejas de artesa ó lomo tienen cierta curvatura para que besando uno de sus bordes en la cubierta quede el otro levantado, y que quedando un espacio entre cada dos tejas solape á la una y la otra, y queden caños limpios para el simple lecho de las tejas, lo que se entenderá mejor con la figura 6ª que representa la disposicion de unas pocas tejas sobre la cubierta. Cada teja tiene un pezon por la

parte inferior del extremo levantado para colgarlas en los listones clavados á la conveniente distancia, y para que el borde inferior de las tejas mas altas solape el superior de las que las siguen inmediatamente hácia abajo, como se ve en el perfil figura 7.ª Estas tejas tienen $14\frac{3}{4}$ pulgadas de largo, cubren 10 de ancho, y por consiguiente tienen 13 antes de encorvarlas, y $\frac{1}{2}$ de grueso; pesa cada una cerca de 4 libras 10 onzas. Se usan mucho para cubiertas de tinglados ú obras provisionales, por la facilidad con que se colocan, y así un grande espacio puede cubrirse en cortísimo tiempo, y es el género de cubierta mas barato y ligero. Arrojan el agua de las lluvias muy bien, pero presentan claros por donde el aire y la nieve amontonada pueden pasar. Así, pues, son mucho mas estimadas para cubrir fundiciones, talleres de herreros y establecimientos químicos en los que hay mucho humo ó vapor, porque pasa fácilmente por entre las tejas, y el local que cubren está bien ventilado y bañado con aire fresco. Mas si estas tejas se asientan con mezcla y se aseguran, forman un tejado bueno y sólido, y de este modo muchas viviendas se pueden cubrir con ellas, aunque su uso principal es para establos, caballerizas, fábricas, casas de campo ó de corta dimension.

52. Los tejeros tambien hacen excelentes losas cuadradas para enlosado de 11 y 13 pulgadas de lado; las segundas de $1\frac{3}{4}$ pulgada de grueso, de peso de 12 libras cada una, y las primeras de 1 pulgada de grueso y de peso de 8 libras 6 onzas. Si se asientan con mezcla de arena y cal, forman un excelente pavimento para talleres, cocinas, lecherías y otras fábricas; y son muy llanas, durables y limpias.

SECCION II.

De la cal y de las mezclas.

53. Las piedras y ladrillos serian de poco provecho en las construcciones ó fábricas si no hubiese algun material que sirva para unirlos convirtiendo las diversas piezas pequeñas separadas en una masa unida, lo que se consigue con la mezcla. Las circunstancias generales de la mezcla ó mortero y su uso son bien conocidos. A la mezcla que se endurece pronto en el agua se llama mezcla hidráulica, para distinguirla de la comun, que no tiene esta propiedad (nota 38).

54. La mezcla comun se compone de cal y arena preparadas debidamente con agua hasta que llega á ser una pasta de consistencia, á propósito para emplearla con la llana, instrumento ó herramienta bien conocida. Para ello se esparce una tonga ó capa de mezcla de suficiente espesor, despues se pone encima la piedra, y se comprime, si el peso de esta no basta para producir el asiento ó compresion conveniente. La cantidad sobrante de la mezcla estrujada que sale por las juntas se recoge con la llana, para emplearla en seguida en lo que se va haciendo; se limpia la junta con la punta de la llana, y se deja la piedra para que la mezcla se endurezca. Hay una gran variedad en la naturaleza de la cal viva, segun las materias de que se forma, y pide cierto arte para hacerla, por lo que son necesarias algunas observaciones sobre estos particulares.

55. La piedra de cal (nota 39) es uno de los productos mas abundantes de la tierra; se halla en todas partes con mas ó menos extension, y hasta en masas que forman montañas. La cal, sin embargo, nunca es pura sino en muy raras especies de minerales, y siempre mezclada con gas ácido carbónico y sulfúrico, ó algunos de los ácidos minerales. El carbonato de cal es el solo á propósito para la mezcla, y como ya se ha observado, se presenta bajo mucha variedad de formas, con poca ó ninguna semejanza exterior entre sí. Todos los mármoles son carbonatos de cal, que se hallan á veces formados hermosamente de cristales aislados, ó se encuentran en masas evidentemente cristalinas. Muchas de las montañas de piedras calcáreas poseen este carácter, mientras otras son térreas y aun laminarias. Las masas duras de piedras gris oscuro usadas para obras de mampostería son tambien de esta clase. La greda que forma altos escarpados y aun montañas en la parte Sur de Inglaterra es enteramente carbonato de cal, y casi toda la cal que se consume en Lóndres no es mas que greda quemada. La cal tambien existe en formaciones animales, porque las conchas de las ostras y otros mariscos son exclusivamente carbonato de cal, en cuyo caso estan muchas madréporas y corales de formacion animal, que se encuentran en el mar.

56. Todos los carbonatos calcáreos producen efervescencia cuando se ponen en contacto con los ácidos químicos fuertes, tales como el sulfúrico y muriático ó con el hidroclórico; y son solubles en ellos si estos estan en gran cantidad, y es una de las señales para conocer la cal; pero son casi, si no enteramente, insolubles en

el agua pura, y pierden su ácido carbónico expuestos á un fuego fuerte. Esta es la razon por que las piedras de cal son ardientes ó calientes. El calor disipa ó separa el ácido carbónico y una gran parte del agua primitivamente combinada con la piedra de cal; la que despues de esta operacion, haya sido el que quiera su primitivo color, se vuelve casi blanca ó de un color claro y entonces se llama *cal viva* ó *cal cáustica*, cuyo último término nace de la propiedad de quemar aparentemente, porque tiene tal disposicion á volverse á unir con el ácido carbónico y la humedad, que puede aun destruir la carne para amalgamarse con aquellos, y si se añade el agua en cierta cantidad la cal viva puede desaparecer y solidificarse en la piedra, la cual se abre en cascos y despues se convierte en polvo, despidiendo un gran calor mientras se verifica esta combinacion; concluida esta se dice que la cal está apagada (nota 40).

57. La cal en su estado cáustico es ligeramente soluble en el agua convirtiéndola en lo que se llama *agua de cal*, y si en esta se halla ácido carbónico se puede combinar con la cal y volverla otra vez insoluble, y al ejecutarlo hacer al principio el agua turbia ó de color de leche en apariencia, y la cal se precipita pronto al fondo en su primitivo estado de carbonato de cal. Esto parece indicar el uso de la mezcla. Si la piedra de cal en su estado natural se pudiese pulverizar y mezclar con agua, el resultado no tendria mayor disposicion á formar una pasta ó masa unida, que la que tendria la arena sola, y cuando la piedra de cal llegase á secarse por la evaporacion del agua, se hallaria aquella en su estado de polvo, sin ninguna union ni tendencia á formar una masa sólida ó compacta. Pero si la misma piedra se quema hasta privarla de su ácido carbónico y natural humedad, mezclando el agua necesaria; resultará una combinacion, en que una parte de la cal se disolverá en aquella, y se formará una pasta que gradualmente embeberá el ácido carbónico del aire á su alrededor; por lo que vendrá á ser insoluble, y el agua devolverá la cal que disolvió al principio, la cual probablemente se producirá en una especie de cristalizacion ó mas bien formacion enlazada por la cual no solo una partícula de cal se une á otra, mas tambien se produce la adhesion á la piedra, al ladrillo ú otra sustancia con la que la cal esté en contacto.

58. La cal tomando su asiento ó endureciéndose se *reconvierte* en una especie de piedra, y es un hecho singular que la dureza de esta piedra artificial conserva cierta relacion con la dureza de la piedra original antes de quemarse esta, dando así un decidido carácter de superioridad á una piedra respecto á otra para sacar cal y aplicarla á la mezcla. Lóndres y Filadelfia ofrecen un fuerte contraste en este asunto, porque casi toda la cal consumida en Lóndres es la greda quemada, y de aquí llamarse greda cal: la greda es de dos especies, *greda piedra* y *greda blanda*; la primera es dura y compacta, contiene partículas duras y areniscas y pueden mas bien arañar que señalar sobre la tabla, si se quiere marcar ó escribir con ella: la segunda por el contrario, es igual y lisa en su testura, se marca y se escribe con ella con facilidad; pero existe solo en pequeñas cantidades comparada con la otra, y es enteramente inútil para hacer cal de fábrica aunque la mejor para objetos de agricultura. En fin, la cal quemada reune la greda mas dura que puede obtenerse, y la mezcla que se hace con ella es tenaz y durable, pero aun empleada en las fábricas y despues de uno ó dos años no se halla dificultad en clavar un clavo en las juntas entre dos ladrillos, y la mezcla se saca fácilmente de las juntas con la punta de aquel. Pero hecho lo mismo con la cal de Filadelfia sacada del mármol, ó la piedra dura de cal azul-oscuro que es solo la que se usa, el clavo indudablemente se encorvará sin poder clavarlo aunque la fábrica tenga solo seis meses de hecha, porque la cal estará tan dura como el ladrillo. La excelencia de la cal y ladrillo en esta ciudad permite levantar paredes delgadas con una confianza que no puede tenerse en Lóndres, en donde la mezcla es de inferior calidad, y en que la piedra de cal se usa solo en las fábricas que han de ser de larga duracion, porque á causa del gasto adicional y trasportes desde puntos distantes, sale mucho mas cara que la cal generalmente usada.

59. La piedra de cal y la greda se cuecen cerca de Lóndres, en donde es verdad que el carbon de piedra es abundante, prefiriendo este á la leña y rompiéndolo en pedazos chicos ó reduciéndolo casi á polvo. Como el carbon de piedra no puede conducirse sin que se produzca mucha cantidad de polvo ó cisco, se reserva este para proveer á los hornos á mas bajo precio que el que está en piedras grandes. Muchos de los vendedores del coal en Lóndres lo ciernen para proveer á familias particulares con el carbon grueso á poco mayor precio, quedándoles ademas el pequeño ó cisco que pueden vender á un precio reducido á proporcion.

60. Un horno comun de cal generalmente se hace, si es posible, en la falda de una altura natural ó ribazo para ahorrar la construccion del baso de mampostería, y como la cal es por lo general de greda, se forma fácilmente excavando en la ladera de este material. Segura-

mente estos hornos pueden siempre construirse próximos á la piedra que ha de quemarse para ahorro del trasporte, y si no pueden excavarse en el suelo natural se construyen del todo fuera. El horno tiene la figura de un cono inverso (nota 41), excavado en el suelo ó formado de ladrillo ó mampostería; y puede revestirse de ladrillos refractarios ó de los mas fuertes que se hallen. La figura 8ª manifiesta el cono *a a* que tiene por lo regular de 13 á 16 piés de diámetro en la parte superior ó mayor abertura, y disminuye hasta 3 piés en *b* que es el cenicero, y está abierto por una bóveda al frente del horno y de altura bastante á la entrada, para que un hombre quepa de piés. El cono tiene la altura de 13 á 16 piés: dos fuertes barras de hierro llamadas barras de sostenimiento, se ven en la seccion en *c c*, fijas en la obra de ladrillo para que sostengan las barras de las parrillas, que descansan sobre ellas separadas entre sí 1 pulgada. Estas últimas barras son de hierro batido de 1¾ pulgadas en cuadro y mas de 2 piés mas largas que la abertura que han de cubrir, para que sus extremos *d* salgan hasta debajo de la bóveda. Colocadas las barras de las parrillas, se enciende sobre ellas un gran fuego de ramaje y se echa encima carbon de piedra con cestas ó cajones desde las plataformas circulares *e e*, al rededor de la parte superior del horno. Encendido el fuego se echa una capa de greda ó piedra caliza reducida á pedazos, y se sigue así hasta que llega esta tonga á tener 10 pulgadas de espesor. Algun tiempo despues se echa una capa de carbon en igual forma, y si toda la masa arde bien se puede llenar enteramente el horno con capas alternadas de piedra partida y carbon, en la proporcion que haya determinado la experiencia con respecto á la piedra que se va á quemar, porque unas gastan mas combustible que otras; pero la greda se quemará ó cocerá si la proporcion es de 10 á 1, lo que se efectúa con las cestas ó cajones usados para echar el material desde arriba dentro del horno. Cada uno de estos cajones contiene 1 fanega, y 10 fanegas de cal piden 1 de carbon. Cuando el horno está ya en disposicion de cocer, no debe apagarse el fuego, sino que puede continuarse su uso meses enteros, proveyendo con nuevos materiales desde lo alto del horno en la misma proporcion, mientras que por el fondo se saca la cal. El horno se vacia usualmente cada veinte y cuatro horas, sacando una ó dos barras *d*, con lo que cae una cantidad del fondo, ó cal ya hecha, en el cenicero *b*. Si esta no cae aun, se agita con una barra de hierro, que tiene su extremo encorvado el largo de un pié próximamente; esta se introduce en el hogar por

entre las parrillas, y la cal cae fácilmente. Despues se atrae hácia la boca del arco con una azada, y cuando esté fria se puede medir y trasportar. Los caleros calculan, en fuerza de práctica, la cantidad de cal que dará el horno en cada hornada. Si caen terrones ó piedras que no estan bien cocidas, se vuelven á echar por arriba; pero esto rara vez sucede, porque un buen práctico deja de sacar antes que caigan de aquellos. Concluida la operacion de extraer la piedra cocida, vuelven á colocarse las barras, y el horno no se toca hasta el dia siguiente.

Puede creerse que la lluvia dañará á la formacion de la cal en el horno, y que por lo tanto será necesario cubrirlo con un colgadizo; pero tal es el calor de aquel, que el agua se evapora sin penetrar en lo interior. En los tiempos secos la parte alta del horno está muchas veces mojada, y la presencia del vapor acuoso en aquella se cree debida al escape del ácido carbónico. Algunos de los mejores hornos modernos de cal tienen la forma de dos conos truncados unidos por sus bases de modo que se estreche la parte superior, y refleje mejor hácia abajo el calórico, lo que sin duda produce una economía de combustible. Esta forma deberia siempre adoptarse en todos los hornos en que se emplee leña, porque esta no ha de mezclarse con la masa de piedras calizas, y puede ponerse toda abajo. La parte superior del horno tiene siempre falta de calórico; por lo tanto toda forma que aumente ó economice este, es ventajosa. En los hornos de cal en qué se emplea leña se hace un arco de ladrillo refractario, formando una especie de cúpula sobre el sitio de la leña, y se taladra con agujeros del tamaño necesario para que el calórico suba, pero por los que no pueda pasar la cal, y en el fondo del horno se colocan las piedras grandes calizas que dejan entre sí intersticios ó claros para que la llama las bañe en todos sentidos. La cal se saca luego que está cocida por una puerta arqueada en el frente independiente del hogar, y esta puerta puede estar tapiada mientras arde el horno.

61. Como el combustible para la cal, y la fatiga y trabajo para la operacion de calcinarla hacen aquella mas costosa que la que causan los materiales brutos que ofrece la naturaleza; y como la cal por dura que pueda llegar á ser, decae mas fácilmente con el tiempo que el ladrillo ó las piedras, y experimenta considerable encogimiento conforme se va secando, la mezcla no se hace jamás de solo cal, sino que á esta se le echa arena, y la dureza y duracion de la mezcla dependen mucho de la arena empleada (nota 42). El sílice

puro ó arena de pedernal es indestructible por el tiempo, y es por esto el mas á propósito al efecto, y como se forma de las piedras sueltas como guijarros duros y angulares, y la experiencia parece probar que la cal cristaliza al rededor ó se une mejor á las duras; de aquí preferir la arena descrita. Lo esencial de la arena para la mezcla es que sea silícea pura, libre de materias que puedan separarse ó decaer. La arena buena y pura puede conocerse á la vista, restregando una pequeña cantidad húmeda entre las palmas de la mano, y si esta ensucia dejando lodo, greda ú otra cosa mas que arena, puede contener arcilla ó alguna materia extraña soluble. La mejor prueba de su pureza es poner uno ó dos puñados de arena en una palangana, echar agua clara sobre ella y menearla. Si es casi pura apenas ensuciará el agua al caer al fondo; pero si contiene mucha arcilla, materias vegetales ú otras, producirá tal turbiedad ó teñirá el agua de modo que no se verá la arena; y segun lo mas ó menos de este efecto se puede decidir si esta es mas ó menos pura. Mr. Smeaton en la série de una larga y meritoria atencion de su facultad como ingeniero, halló que cuando á la mezcla, bajo el supuesto de ser de la mejor calidad, se une una pequeña cantidad de arcilla sin quemar, jamás adquiere aquella la dureza que obtendria sin ella, y consecuentemente que tal arena no debe admitirse.

62. La mejor arena por su forma, tamaño y pureza para la mezcla, es la del mar, tal como se halla en las playas; pero hay una gran objecion para su uso, cual es la sal que contiene y de la que es muy dificil despojarla, y sin estar enteramente libre de esta, cristaliza en los tiempos secos y se liquida en los húmedos, tanto que desfigura cualquier trabajo hecho con ella, y mantiene la mezcla en tal estado de humedad que impide se llegue á consolidar bien. Por esto la arena del mar no debe jamás usarse sino despues de lavada y colada diferentes veces en agua dulce y limpia, lo que es muy molesto en fábricas de consideracion. La arena de rios de agua dulce, ó la arena de hoyos, esto es, la pura sacada de los huecos de la tierra (arena de mina), son las clases de arena adoptadas, y se da por lo comun la preferencia á la de mina, en razon de ser mas pura y dura que la de rio, cuyos granos estan generalmente redondeados por el roce. Entre los constructores de Lóndres la arena de camino cernida se prefiere á todas: esta arena se produce por el polvo raido ó rascado, despues del tiempo húmedo, de los caminos reales sumamente frecuentados, los cuales estan hechos y reparados únicamente con el pedernal mas duro, por lo que las

partículas finas de esta arena, aun el polvo, deben ser silíceos con poca mezcla de otra cualquier cosa (nota 43).

63. Varian mucho las opiniones sobre la cantidad de arena que debe unirse á la cal para que resulte la mejor mezcla. Los albañiles quieren sea mucha la parte de cal, porque la mezcla es mas plástica, tenaz y fácil de trabajar; mientras que por el contrario, cuando sobrepuja la arena, la mezcla no se une, no agarra, y se llama por los albañiles mezcla floja. La facilidad de los trabajadores no debe sin embargo llevarse en cuenta respecto á la estabilidad de la obra, y la experiencia enteramente prueba que las fábricas de ladrillo en que se ha empleado superabundancia de cal, aunque parece fuerte en los primeros años, no es tan durable como cuando la mezcla tiene menos cantidad de cal.

El Doctor inglés Higgins, cuyo nombre es muy distinguido como uno de los establecedores de la teoría de los átomos químicos, fue el primero que emprendió la investigacion correcta de la accion mecánica y química de la mezcla (*) segun los verdaderos principios de la ciencia, y despues de muchas experiencias y ensayos dió las siguientes reglas como el resultado para la mejor mezcla: á 1 fanega de cal viva recien apagada se unen 3 fanegas de arena silícea fina y 4 fanegas de arena gruesa de la misma clase, que hacen una proporcion de 7 partes de arena por 1 de cal. Sin embargo, él mismo confiesa ser esta mezcla muy floja, y con la cual es dificil trabajar; pero dice que «si se añade un cuarto de fanega de cenizas de huesos, ó huesos calcinados en polvo, á la cantidad arriba expresada, tendrá la mezcla suficiente tenacidad, y será mucho menos fácil que se grietee al secarse.» Para definir lo que se entiende por arena fina y gruesa, que dice debe estar libre de arcilla, sal, yeso y cualquiera especie menos dura que el cuarzo, establece que la arena se cierna bajo la corriente de un arroyo en un cedazo de rejilla de alambre nº 16, que es en el que cada agujero ó malla es la diezyseisava parte de una pulgada cuadrada. Reunida la arena así cernida y vuelta á cernir por otra criba, en la que los alambres sean la treintava parte de pulgada, todo lo que no pase por estas cribas, debe desecharse y el producto de las dos dan la arena fina y basta.

64. Esta mezcla no duda el autor sea muy buena, pero puede ser muy desagradable y molesta para los operarios. Su opinion es

(*) *Higgins on calcareous cements* 8.º *vol.* London.

que la naturaleza no puede ser tan exactamente copiada en la formacion de la mezcla, y la piedra de Portland puede considerarse como una mezcla natural, porque como antes se ha observado cuando se examina con un microscopio, se ve que es solo arena delgada unida por una cal ó cimento calcáreo en muy pequeña cantidad para que pueda percibirse. Los geólogos la clasifican entre las formaciones oolitas; pero examinando el oolito aparente ó material se ve claramente que la cantidad de piedra es mas pequeña. Puede imitarse humedeciendo arena silícea limpia con agua de cal fuerte; esto es, tan trasparente que no aparezca en ella ninguna cal aunque se exponga por algun tiempo al efecto de la atmósfera; y como los granos se adherirán, esto manifiesta la pequeña cantidad de cal que es necesaria para la formacion de la mezcla; pero debe señalarse la que sea suficiente para producir facilidad y estabilidad en la obra. En una fábrica de ladrillo de extension, hecha en las obras hidráulicas del Middlesex Occidental, la única mezcla usada fue de seis medidas de arena (sin la precaucion de cernirla y separarla, como se ha dicho), con una medida de cal excelente de Merftham en Surry á veinte millas de la obra, que es la mejor piedra caliza que puede obtenerse en las cercanías de Lóndres, y el trabajo permanece bien y presenta muy buen aspecto. Los mismos materiales y con las mismas proporciones fueron los que antes se usaron en los diques de Lóndres é Islas Occidentales.

65. La cal de greda y las cales ligeras no pueden mezclarse con esta cantidad de arena, y la porcion general en las fábricas de Inglaterra es $1\frac{1}{2}$ quintal ó 37 fanegas de cal por $2\frac{1}{2}$ cargas ó 45 fanegas de arena. Las medidas en ambos casos rasas ó sin colmo. El autor, sin embargo, cree que esta cantidad de arena es muy grande. Hay pocas mezclas en que la cal haya sido bien calcinada y la composicion bien batida y mezclada, en la que no se hayan tomado dos partes de arena y una de cal, y es digno de notarse que cuanto mas se bate la mezcla, menos porcion de cal se necesita (nota 44).

66. En la proximidad del mar, en que las ostras y otros mariscos abundan, y en donde la piedra caliza puede escasear, la única cal que se usa es la sacada de las conchas. Esta es una excelente cal; se usa mucho en la parte oriental de Virginia, y se llama cal de conchas.

67. Toda cal viva, cualquiera que sea la sustancia de que se saque, es preciso apagarla antes de formar la mezcla (nota 45). El apagarla consiste en echar agua en cantidad proporcionada sobre ella, esparcida en el terreno en una capa ó tonga de ocho á diez pulgadas de grueso. El agua se distribuye con cuidado sobre toda la superficie, de modo que no se forme lodo ó que corra constantemente, y sí solo que se moje. Si se hace lodo puede ser inútil el cernido ó limpia, que es la inmediata operacion; y como la arena ha de cernerse así como tambien la cal, se unen por lo regular en sus debidas proporciones antes de cernerlas. Se dispone primero la arena en el suelo formando un hoyo ó especie de estanque en que se pone la cal, despues sobre esta se vierte la conveniente cantidad de agua, y con la pala ó azada se le echa encima alguna parte de la arena dejándola así por un corto tiempo. La cal absorbe el agua, que en seguida desaparece, un gran calor se desenvuelve, y los pedazos de cal prontamente se hinchan y revientan convirtiéndose en un impalpable polvo. La pila se abre y mueve al rededor con una azada ó rodillo para asegurarse si se ha apagado completamente ó si permanecen algunos pedazos enteros por necesitar mas agua: si se remueve toda la masa para que se incorporen la cal y arena, y si la operacion se ha hecho bien, el todo se hallará casi seco, porque la cal absorberá mas agua de la arena, y toda cantidad superflua saldrá fuera por el vapor ó baho debido al gran calor de la mistura (nota 46). Ya entonces empieza el cernido y se produce la mejor incorporacion de la arena y cal al pasar por la criba al mismo tiempo. La mejor criba para este fin es la de 6 piés de alto y poco mas de 1 vara de ancho con lados levantados como una caja y cubierta de fuertes varillas de hierro separadas entre sí de $\frac{1}{4}$ á $\frac{3}{8}$ de pulgada. Esta criba ó zaranda se puede levantar hasta un ángulo de 45°, y en esta posicion echar la arena y cal con palas y cajones ó espuertas. Lo que pasa es á propósito para la mezcla, mientras que lo que cae al frente serán piedras que tenia la arena, ó cal no apagada ó fragmentos de esta que por falta de suficiente calcinacion permanecen en estado de piedras calizas, por lo que son incapaces de apagarse; estos materiales refractarios se llaman escorias.

Todo el material que pasa por la criba sirve para la mezcla con solo añadir la cantidad de agua necesaria para que adquiera la consistencia conveniente al uso: esta cantidad por sí sola no afectará la calidad de la mezcla, con tal que no sea en tanto exceso que cause la separacion de la arena y de la cal. La mezcla debe usarse con la conveniente humedad y en estado blando, espe-

cialmente si la obra es de ladrillo, porque como estos son mas ó menos absorbentes, si la mezcla está muy seca los ladrillos puestos sobre ella la chuparán una parte del agua, haciéndola tan seca y dura que no pueda ceder al peso del ladrillo, ni aun á otra presion sobre ella, y la obra por consiguiente no ser tan firme y sólida como si la mezcla hubiera estado mas clara y blanda. Es preciso el contacto perfecto hasta casi lograr la incorporacion entre la mezcla y el ladrillo ó piedra; y para producirla es conveniente meter cada ladrillo en el agua cuando va á tenderse ó colocarse, ó regar con cubos los montones que van pronto á emplearse, principalmente si la estacion es muy calurosa y seca; y siempre será mejor que el ladrillo se hunda por su propio peso en la mezcla, que por alguna presion, si se quiere una obra sólida.

68. Generalmente se supone que la mejor y mas fuerte mezcla se hace cuando la cal está recien apagada, y que para obras fuertes cuanto mas pronto se usa la mezcla tanto mejor (nota 47). La razon de esto puede consistir en que acabada la cal de sacar del horno está privada, en cuanto es posible, de su ácido carbónico y humedad, y por consiguiente se halla en el estado mas soluble y á propósito para combinarse con el agua, y como la mezcla ya hecha se *reconvierte* en carbonato de cal expuesta al aire, cuanto mas pronto se emplee, tanto mejor, porque entonces su variacion se verifica en la pared en vez de serlo en el terreno. Una cantidad de cal viva tendida en el suelo y expuesta al aire se apagará por sí misma en pocos dias sin aumento alguno de agua, porque la cal embeberá la humedad suficiente del aire para producir este efecto, y se convertirá en polvo como si artificialmente se hubiera apagado. La cal apagada así espontáneamente puede emplearse para mezcla, pero no poseerá la fuerza, tenacidad ó duracion como la apagada por el método artificial.

69. Toda la mezcla hecha de las clases comunes de cal requiere se mantenga regularmente seca, para asegurar su asiento en la obra que se haga; por consiguiente no puede servir para debajo del agua ó sitios húmedos. Para estos casos hay una mezcla peculiar llamada mezcla hidráulica; esto es, una mezcla de materiales capaces de sentarse ó endurecerse muy pronto, de tal modo que si se deja inmediatamente lo que se acaba de fabricar sumergido en el agua, no sufra el menor quebranto; y esto es lo que sucede con las mejores mezclas hidráulicas. Esta calidad depende de los materiales que componen la mezcla, mas bien que

del modo de trabajarla; porque la cal se cuece lo mismo, y aun no se ha dado suficiente explicacion de cómo se verifica esta dureza ó por qué una clase de piedra produce cal tan enteramente diferente y superior á la de otra. Al principio se creyó que el efecto se debia á cierta mezcla de metal con la piedra caliza, y que debia su calidad á la presencia del hierro ó manganesa ú óxidos de estos metales en la piedra antes de quemarse. Seguramente el químico francés Guiton de Morveau, en sus primeras indagaciones sobre este objeto, llegó á la conclusion de que todas las piedras calcáreas que producen cal hidráulica podian contener manganesa, y dió un método por el cual dicha cal puede hacerse artificialmente mezclando 90 libras de piedra caliza dura con 4 libras de arcilla pura y seca, y 6 libras de óxido negro de manganesa, todo en polvo; y calcinándolo todo junto, solo se necesitará el agua para formar una buena cal hidráulica. Que el óxido de algunos metales mejora la mezcla, lo sabe todo constructor: así es práctica comun en Inglaterra entre los tejeros usar la escoria de fragua (que es un protóxido de hierro), y despues de machacarla echar un poco con la mezcla comun, lo que no solo la asienta prontamente sino que la pone muy dura. A la mezcla para tomar las juntas de obras antiguas de ladrillo se le añade óxido de hierro.

70. La mezcla usada generalmente en Inglaterra para obras hidráulicas, puentes, enlucidos de estanques para agua limpia, y otros objetos semejantes, se llama mezcla de Parker, romana ó cimento romano. Mr. Parker obtuvo patente para el material y modo de prepararlo á mediados del siglo último, y le llamó romana por una supuesta semejanza á una mezcla usada por los romanos y que solo se conoce por su gran dureza y aparente naturaleza indestructible, en las ruinas de los edificios en que se empleó primero. Esta mezcla se halló tan excelente que pronto llegó á ser un artículo de general consumo no solo en Inglaterra, sino tambien en los paises á que se llevó; y ahora es casi conocida generalmente por dichos nombres ó mezcla de Wyatt. Luego que espiró el término de la patente, se ha hecho por muchos, pero siempre se ha vendido bajo el mismo nombre en razon de su celebridad. Esta cal se sacó al principio de cierto pedernal ó guijarro natural que solo se halla cerca de la isla de Thanet en la costa oriental del territorio de Kesot, y supuesto corresponder á aquella especial localidad; pero como despues fuese grande el pedido que se hacia de ella, se ha buscado mucho, y se asegura ser hoy uno de los componentes de la inmensa

formacion llamada el estanque arcilloso de Lóndres, que se extiende en la costa del mar en la direccion NE., y rodea á Lóndres casi circularmente. Los guijarros se hallaron al principio solo en la superficie, habiendo sido dejados al descubierto por las olas del mar y corrientes del rio Támesis; pero ya se han descubierto diseminados por toda la expresada formacion, la cual se extiende algunos centenares de piés debajo de la superficie del terreno, hallándose tambien en otras localidades. Los guijarros son precisamente iguales en forma y apariencia externa á los empleados para empedrar las calles, y varian de tamaño desde 2 hasta 15 ó 16 pulgadas de diámetro; pero no siendo suficientemente duros para empedrados, se desecharon hasta que Mr. Parker descubrió tenian la interesante propiedad de dar cal hidráulica. Rompiéndolos presentan una curiosa apariencia que algunas veces es muy hermosa, porque el macizo es una piedra caliza arcillosa, compacta y ligeramente oscura, áspera y sin pulir, atravesada por varias venas relucientes y muy cristalizadas de carbonato blanco de cal, cruzándose en ángulos rectos de modo que dividen la piedra en un número de septas ó cavidades, dándola una apariencia semejante á la que se ve en la figura 9ª que representa una seccion de uno de estos guijarros. Por su particular formacion los mineralogistas la llaman hoy septarias (nota 48), y por algunos escritores antiguos se las nombra Ludus Helmontii. Se han hallado abundantemente en Francia, en Boulogne sur Mer, atravesando el canal y casi en el paraje opuesto al del primer descubrimiento en Inglaterra; véase *Journal des Mines*, vol. 12. Estas piedras se rompen y se calcinan en una cúpula ú horno de reverbero para convertirlas en cal viva. Sacadas del horno son casi ó tan duras como cuando se metieron en él; por lo que esta cal requiere se reduzca á polvo moliéndola en un molino formado de dos piedras pesadas llamadas de corredera ó de canto. Se saca del molino tan pronto como es posible, y se mete en barriles cerrados del tamaño de los de harina. Estos cascos ó barriles se ponen en un aparato de pisoteo mientras que se llenan, por cuyo medio la cal en polvo se aprieta con tanta fuerza como se necesita para hacerla casi tan compacta como la piedra sólida, expediente que impide que la cal padezca quedando expuesta al aire, el que pronto la espolvorearia. Los barriles se cierran despues bien, y el material puede trasportarse sin riesgo ni detrimento, con tal que se tengan en lugares secos. Para usar esta cal se separa una corta cantidad y se mezcla con cuatro ó cinco veces su peso ó medida de arena muy

limpia y dura, y mejor cernida (tal como la pasada por la criba de alambre nº 30, que es la mejor), y se añade suficiente agua para incorporarla, con lo que la mezcla estará ya en disposicion de usarse. Si la cal es de buena calidad y no vieja, no debe hacerse mas mezcla que la que puede gastarse en media hora, porque pasado este tiempo tomará mucha consistencia y se pondrá dura, por consiguiente inútil para emplearla, y una vez endurecida, no se conoce modo de ablandarla ó revivirla. En muchos casos, en que esta mezcla sale muy costosa, puede mezclarse con la de piedra comun no vieja, en la proporcion de 4 ó 6 á 1, y la calidad de la mezcla ganará mucho.

71. La celebridad de la mezcla de Parker y la escasez de la piedra de que se hace, produjo se analizase con todo esmero, y que se examinase por célebres químicos é ingenieros; pero aun nada ha podido indagarse mas que el que las piedras se componen principalmente de caliza arcillosa; esto es, de cal y arcilla combinadas por la naturaleza en la proporcion de cerca de dos tercios de la primera y un tercio de la segunda, mezcladas con una pequeña cantidad de óxido de hierro, y que las venas son carbono puro de cal, tanto que cuando una piedra entera se reduce á polvo, la cantidad de arcilla es casi igual á la de cal. Esto destruye de una vez el supuesto de Guiton de Morveau, de que toda cal hidráulica podia contener una considerable porcion de maganesa. La composicion del guijarro de Kent parece de fácil y sencilla imitacion por el arte, y consecuentemente en 1818 Mr. Vicat, del Cuerpo de Ingenieros de puentes y caminos en Francia, anuncia en una obra de cales y mezclas que publicó despues, que habia logrado descubrir un método por el cual toda especie de piedra caliza podia, sin mucho gasto, dar cal hidráulica. La operacion verdaderamente es sintética, como derivada desde luego del análisis de la piedra natural, con el que descubrió la naturaleza y proporciones de sus diversos componentes, y despues escogiendo materiales tan semejantes como sea posible á aquellos, unirlos con el auxilio del fuego.

72. El procedimiento se reduce á apagar la cal y unirla con arcilla pura ó natural y el agua suficiente para convertir el todo en una masa pegajosa, de la que se forman bolas, que secas al sol se introducen en un horno (nota 49), produciendo cal de calidades enteramente diferentes á la primera, y que varían segun las diversas proporciones de los componentes. La arcilla entra en la relacion de 5 á 20 por 100 con la cal, para objetos ordinarios; pero

si se pone 40 por 100, la mezcla se asegura y solidifica muy poco despues de sumergida en el agua.

73. Se ha observado ya antes, que aunque la arcilla bruta entra en la composicion de la mezcla no la favorece, y Mr. Vicat observa que si la arcilla se cuece sola en polvo, y se añade á la cal en cualquiera de las anteriores proporciones, obrará solo como arena sin alterar la calidad de la mezcla, y que no resultará beneficio alguno de la union de la arcilla, á menos que no se cueza combinada con cal, de lo que infiere que el fuego obrando á un mismo tiempo sobre las dos sustancias, produce alguna variacion en su disposicion interna, por la cual el carácter del compuesto se afecta; pero cuál pueda ser efectivamente la naturaleza de esta variacion, no se ha podido conocer satisfactoriamente. Mr. Vicat cree que una verdadera variacion química se verifica entre la cal y la arcilla. Este asunto se ha seguido examinando con gran ahinco y diligencia por algunos de los mas distinguidos ingenieros y químicos de Francia, y todos convienen en el hecho de que la arcilla y cal cocidas juntamente producen cal hidráulica (nota 50). Mr. Berthier establece que una parte de arcilla comun y una parte de greda cocidas juntas forman una buena cal hidráulica, y que todas las piedras calizas naturales que contienen arcilla como una parte de su formacion, hacen mucho mejor mezcla de cal que las que son puras. Muchas piedras naturales calizas producen cal hidráulica. Así los revestimientos del gran canal en el Estado de Nueva York y el canal de la Union de Pensilvania estan ambos construidos con piedra caliza local; y la cal Abertaw de Lancashire, en Inglaterra, es justamente celebrada por Mr. Smeaton por sus excelentes calidades hidráulicas. Pero la composicion de la mezcla hidráulica no se entendia en aquel tiempo, y si tales piedras se hubiesen analizado, habria poca duda de que sus apreciables propiedades dependen de cierta cantidad de arcilla que entra en la composicion de las piedras calizas. Cuando estas solo contienen 5 por 100 de arcilla apenas se distinguen que sean hidráulicas: si contienen 15 á 20 por 100 resulta muy buena, y si 25 ó 30 por 100, la mezcla se endurece casi instantáneamente; esto se ha probado por Bruyere y Treussart, quienes aseguran que el libre acceso del aire mientras se calcina la mezcla arcillosa es de gran consecuencia para la tenacidad de la mezcla y la prontitud con que se endurece, y que por esto la forma ordinaria de los hornos de cal no es la mejor para cocer estos materiales; y quizás el mejor método para exponerlos al calor son los hornos de reverbero, con la excepcion de que como no se necesita tanto grado de calor como para fundir el hierro, la luz del arco y pavimento puede aumentarse considerablemente, y el pozo hacerlo mucho mas bajo.

74. Ademas de las mezclas hidráulicas, hay dos sustancias naturales muy usadas con el objeto de que se sequen debajo del agua, llamadas puzzolana y tarrasa ó terrasa holandesa. La primera evidentemente es de orígen volcánico, y se encuentra en la vecindad de los volcanes. Su apariencia externa es la de una arcilla ferruginosa que ha sufrido un alto grado de calor, y presenta variedad de colores debidos á aquel y á la proporcion de los materiales de su composicion, que segun el análisis son arcilla, pedernal, cal y hierro. El monte Vesubio ha producido mucha y se halla con abundancia entre Nápoles y Roma, de cuyo sitio se saca principalmente para otros paises. Por su posicion natural fue conocida de los romanos, pues segun Vitrubio se empleaba en abundancia, no solo en las obras del público, sino tambien en la construccion de muebles y obras en el agua en la bahía de Baiæ; y como principalmente se sacaba del pueblo de Putcoli, y no se usaba sino reducida á polvo, se la dió el nombre de polvo putcolanus; pero como la mejor clase se obtiene hoy de Puzzoles, cerca de Nápoles, los modernos la llaman puzzolana. Esta materia ya molida, cernida y mezclada con agua puede producir mezcla hidráulica sin arena; pero por lo caro de su trasporte se usa con ella, y frecuentemente tambien con cal como medio de mejorar la mezcla comun y hacerla á propósito para obras hidráulicas. Por la vecindad de Roma al sitio en que este material abunda, y en que es hallado en la mayor perfeccion, es muy probable que forme uno de los principales ingredientes para la union de las piedras y ladrillos empleados en las fábricas de los antiguos romanos, cuya solidez y duracion ha causado mucha sorpresa á todos los viajeros é investigadores modernos.

75. Terrasa, como frecuentemente se llama la tarrasa holandesa de mejor calidad, fue al principio sacada de Andernarda, cerca del Rhin, y posee propiedades semejantes á las de la puzzolana para formar un compuesto con la cal, que se endurece en el agua. Se cree ser un basalto descompuesto de produccion volcánica; su masa es tan dura que pueden hacerse de ella piedras de molino, y se emplea frecuentemente para piedras de construccion. Reducida á polvo y mezclada con cal, forma la mezcla usada en Holanda en sus extensas compuertas y otras obras hidráulicas, que en este pais

se hacen con mucha mas extension que en otro alguno. Es probable que los holandeses conocian el modo de preparar las mezclas artificiales antes de la investigacion de los franceses en este asunto, porque la mezcla privilegiada hecha en Amsterdan, y analizada por Bergman, era de esta facticia, en que la mitad de la composicion consistia en sílice ó pedernal, una muy pequeña parte en cal y el remanente en arcilla y óxido de hierro, en casi iguales cantidades.

76. Estos dos materiales son poco conocidos ó en uso en los Estados Unidos, desde que la mezcla de Parker se ha hecho comun, y el método de mezclas artificiales con los materiales primitivos se descubrió y puso en práctica. Ademas de esto hay muchas piedras naturales en este pais, y seguramente en todos, que analizadas y conocidas darán cal hidráulica (nota 51). Por esta razon el jóven ingeniero debe cuando halla alguna piedra ó arcilla desconocida experimentarla por sí mismo y averiguar su calidad, lo que conseguirá fácilmente sujetándola á un fuego fuerte, avivado si fuere preciso con fuelles de fragua, si se requiere gran calor. Si la tierra es solo arcilla, despues de apagada se convertirá en una masa dura é insoluble de la naturaleza del ladrillo; siendo pura la arcilla resultará dura y blanca como las pipas comunes de fumar; si no es enteramente pura tendrá el color oscuro rojo, y si es blanda y pulverizable será inútil para hacer ladrillos, mientras que por el contrario cuando es dura, si aguanta todo grado de calor á que se la sujeta sin fundirse ni vitrificarse y será á propósito para ladrillos refractarios. Si la masa se cuece como cal ó cal hidráulica se apagará añadiéndola agua, en cuyo caso una cantidad de ella se pulverizará y formará una pasta que podrá ponerse en el fondo de un depósito de agua; y si despues de permanecer en esta un corto tiempo se seca y vuelve una masa dura é insoluble, será cal hidráulica, y por el contrario si se mantiene blanda se considerará como cal comun.

77. De lo que sucede con el yeso (*plaster de París* entre los ingleses), que es una cal sacada como se ha dicho al principio, puede tenerse una idea clara del modo con que la mezcla hidráulica se seca y endurece; pero la piedra para aquella es sulfato y no carbonato de cal. La piedra de yeso, *aljez*, como se llama á este material cuando está en bruto, mantiene su forma despues de quemada, y sin apagarse ni pulverizarse con la adicion del agua; y por lo tanto es preciso reducirla en un molino á polvo, en cuyo

estado se llama yeso. Al echar agua á este polvo reproduce calor aunque en menos grado que en la cal viva, y puede formarse una pasta sin arena ú otro algun ingrediente, la cual se adhiere á la piedra ó ladrillo; pero es preciso usarla prontamente, porque en menos de un cuarto de hora se pone dura y compacta, aunque se la eche mucha agua, y á muy poco tiempo despues adquiere la dureza de la piedra. De lo dicho parece que es innecesario molestarse en buscar alguna otra mezcla; pero se ha encontrado ser inaplicable el yeso al objeto de la mezcla hidráulica, primero, porque al secarse se hincha y aumenta sus dimensiones de tal modo que trastorna las piedras ó ladrillos que se colocan sobre él si se emplea en gran cantidad; y segundo, porque se destruye ó descompone por la accion continua del aire y agua, en lo que es enteramente opuesto á la cal sacada de buenas piedras calizas, que aumenta en dureza y fuerza con el tiempo, aunque en parajes húmedos, y de aquí la mucha mayor dificultad de derribar una pared antigua que una moderna, si se construyó aquella con buena mezcla. El yeso es sin embargo muy útil para objetos y adornos interiores de los edificios que no estan expuestos á la intemperie; es la mezcla usada constantemente por los marmolistas para unir las piezas de las chimeneas y otros adornos; entra en la composicion de los cielos rasos, y por su propiedad de endurecerse, aun con tanta agua que se convierta en fluido y corra por moldes huecos, se emplea para hacer figuras, enriquecer con molduras las cornisas de las salas, techos ó platafondos ó artesonados, y muchos otros semejantes adornos.

78. Los ingenieros franceses hablan mucho de otra clase de mezcla con los nombres de *concreto* y *béton* (concrete y béton), que en Inglaterra se conoce tambien por *grub-stone-mortar*. Se usa poco en dicho pais, y no merece un artículo por separado, porque se reduce á una de las clases de mezcla hidráulica hecha mas dura, sólida y capaz de llenar espacios cóncavos por la mezcla de pequeños fragmentos de piedras duras, y aun con guijarros areniscos. Es mas bien una aplicacion de las mezclas hidráulicas, que una de estas con distintos y separados caractéres de aquellas, y bajo este aspecto puede clasificarse como mezcla blanda; por lo que se deja en razon del uso que se hace de ambos materiales para cuando se trate de la construccion de obras de albañilería.

79. Se ha observado que cuanto mas se incorpora y se bate ó trabaja la mezcla, tanto mejor es, no solo por la facilidad de em-

plearla sino para la solidez de la obra, y entonces toda cal puede soportar sin perjuicio una mayor cantidad de arena. Pero como el batir ó trabajar convenientemente la mezcla es operacion dificil, y lo es tambien que los operarios la hagan como corresponde; en las fábricas que necesitan gran cantidad de mezcla se hace esta en un molino movido por un caballo para que se verifique la debida incorporacion de los materiales mejor que á brazo. El molino por lo regular es semejante al descrito para la tierra (figura 2ª), con solo la diferencia de que los rastrillos ó cortes requieren otra forma porque no tienen que dividir ó romper terrones ni nada sólido en la mezcla; todo lo que se pretende es la incorporacion y mezcla perfecta de los materiales. Esto puede lograrse por un número de rascadores oblicuos ó palas de revolver como f. en la figura 3ª, ó alternados estos con rastrillos como se ve en la misma, pero en los cuales los dientes son mas cortos y estan muy unidos y perpendiculares en vez de oblicuos. Cuando se hace uso del molino la cal se apaga y mezcla con la arena y alguna agua, como si se fuese á hacer por el método ordinario; pero se deja suficientemente seca para que se pueda trasportar en carrillos de mano ó carretoncillos sin pérdida, y se echa dentro del molino el agua necesaria para que se ablande la mezcla hasta el punto conveniente para usarla.

80. La figura 10 representa otra especie de molino de mezcla: consiste en una grande y fuerte rueda ó cilindro de madera *h*, mantenida en la posicion vertical por un eje que atraviesa la rueda y que es la continuacion de la palanca tambien de madera *i*, cuyo otro extremo pasa por un agujero en el pié derecho giratorio *k*, de modo que el cilindro *h* está obligado á rodar al rededor del poste en una canal ó cuneta circular con declivios, como manifiesta la seccion *l. l.*; para este movimiento se emplea un caballo en *m*. Las dos bases del cilindro se forran unida y fuertemente para que la mezcla no se meta en su interior, y su ancho puede ser casi igual al del fondo de la cuneta ó canal *l. l.* dentro del qué la cal, la arena y agua se ponen en la debida proporcion. Al girar el cilindro oprime el material delante de él y lo levanta hácia las dos cavidades *l*, *l*, desde donde cae detras del cilindro: la mortaja ó agujero en *i* permite al cilindro levantarse y caer para pasar sobre los materiales si estan distribuidos con desigualdad. La potencia se coloca hácia lo interior del canal *l*, *l*, para que la parte exterior esté siempre limpia y despejada y que los trabajadores lleguen

en todas direcciones para sacar mezcla ó introducir materiales. La cal hidráulica puede usarse tambien en el mismo molino si se necesita una gran cantidad en poco tiempo; pues de otro modo es siempre mejor hacer la mezcla con dos ó tres palas al mismo tiempo y en proporcion correspondiente al consumo. La mayor parte de las cales hidráulicas se aprietan á poco debajo de la plana; si oponen una tenacidad que no conviene á la buena mezcla, son por consiguiente mas difíciles de emplear.

81. Hace pocos años que una mezcla aceitosa se ha introducido en Inglaterra con el nombre de *mastic betun*, que es especialmente á propósito para adornos y molduras en lo interior, ó para enlucir las paredes por fuera y preservarlas de la humedad; pero no sirve para las juntas de la misma á no aumentar mucho el aceite, lo que la haria muy costosa. La invencion es francesa y ha sido aplaudida en su uso, pero se endurece tan pronto y se grietea de modo que exige experiencia en los que la manejan. Se compone de arena limpia y dura mezclada con una veinteava parte, por medida, de piedra caliza en polvo y suficiente cantidad de minio y litargirio para asegurar su sequedad. Estos ingredientes se incorporan cuidadosamente, y al tiempo de usarlos se les añade y mezcla todo el aceite de linaza necesario para convertir el polvo ya seco en pasta. El aceite no debe pasar de tres á cuatro cuarterones por cien libras del peso del polvo seco, y la pared ú obra en que se aplique debe estar perfectamente seca. El mastic se adherirá al ladrillo, piedra, pizarra, tablillas (tejamani), cristales, y aun á los polvos ó madera en bruto, aplicándolo debidamente; pero es preciso cubrir primero con el mismo aceite la superficie dos ó tres dias antes que se aplique el mastic para asegurar su adhesion.

Los métodos de usar las mezclas se explicarán en el capítulo destinado á tratar de la parte de construccion correspondiente á la albañilería.

SECCION III.

De la madera de construccion.

82. Uno de los mas útiles é importantes materiales para la construccion de edificios es la madera; pero como los medios de usarla y trasformarla constituyen el arte de la carpintería, á la que se destina un capítulo separado, y las observaciones correspondientes

á su resistencia y modo de aplicarlas se hallarán en el capítulo III, solo queda para la presente seccion describir las diversas maderas generalmente usadas, con las formas en que se convierten para que sean útiles en los edificios, y explicar cómo se miden cuando estan en bruto.

La madera es una produccion natural: resulta del tallo ó tronco de los árboles; no pide otra preparacion para emplearla en las fábricas que el que esté en sazon, y reducirla á las formas convenientes. La sazon de las maderas requiere particular cuidado porque de ella depende su bondad y duracion. Conforme el árbol se va sazonando se verifica la disipacion gradual de los jugos naturales de la planta, lo que se requiere para que esté seca y sea á propósito para labrarla. Los jugos naturales forman el suco, sávia ó alimento de la planta que las raices chupan ó sacan de la tierra, llevan al tronco ó cuerpo y se distribuye á las ramas y hojas por una série de los mas pequeños tubos ó vasos, por los que la distribucion es general. Esta sávia es con frecuencia dulce al paladar, contiene mucha parte sacarina, generalmente fermentable; y la experiencia ha demostrado ser mucho mas perjudicial á la duracion de la madera que el agua pura. Muchos creen que la sávia circula, esto es, que sube por el árbol en una estacion y baja en otra; pero lo mas probable es que se mueve en una sola direccion. Se sabe que sube en la primavera cuando su elevacion y presencia es necesaria en la parte superior del árbol para la produccion de nuevos vástagos y hojas y sigue corriendo mientras crece ó se forma el fruto; pero cuando este ha llegado á su mayor magnitud y sazon, ó á estar maduro, ya no se halla en el mismo caso de nutrimento, por lo que la provision es menos abundante; y con toda probabilidad se interrumpe enteramente cuando la naturaleza ya no la necesita. Sea como quiera, que suba y baje la sávia, ó que corra abundantemente en una estacion del año, y nada en otra, hay períodos en que todo árbol está mucho mas lleno de sávia que en otros, y como es de desear que la madera de construccion esté todo lo mas posible libre de sávia, de aquí concluir que hay una estacion mas á propósito que otra para cortar ó apear los árboles, siendo la mas favorable de todas el invierno, hasta aquel período, en que la apariencia de los retoños ó de nuevas hojas brotan ó salen primero indicando que el suco sube para su desarrollo y vegetacion. Tan pronto como aparecen las hojas, y durante el verano, ningun árbol debe cortarse para madera, porque entonces las hojas expelen la sávia

tan pronto como la reciben; pero despues, cuando ya no necesitan tanto nutrimento, ó aun al decaer, el chupar disminuye y está lleno de sávia. Así, pues, las únicas épocas de cortar ó apear árboles para madera es en el invierno y fin del verano, prefiriéndose por experiencia la primera estacion (nota 52).

83. El cuerpo ó tronco del árbol se compone de tres partes: el meollo ó corazon en el centro, la madera que rodea á este y la corteza que forma la capa ó cubierta externa. En el árbol jóven, ó en un retoño, al principio el meollo ocupa mucha extension y está rodeado de un cilindro estrecho ó capa de madera, y esta cubierta por una corteza delgada. Las secreciones del árbol se hacen principalmente por la corteza, ó entre esta y la madera, y allí es donde la sávia ó nutrimento vegetal destinado á la formacion de la madera está depositado. La operacion se verifica durante el verano, y se suspende en el invierno. Pero al volver la primavera una nueva porcion de madera produciendo sávia sube y se deposita entre la corteza y la madera del último año, formando un nuevo lecho ó hueco cilíndrico de madera, el cual mientras extiende la corteza y causa sus grietas y hendiduras, comprime la primera formacion de madera y la hace mas apretada y compacta. Esta operacion se renueva cada año, en cuya consecuencia el tronco y ramas de los árboles cortados trasversalmente presentan una série de anillos ó círculos, por cuyo número pueden contarse los años de su crecimiento ó vegetacion. Estos círculos solo son concéntricos en los árboles criados en los bosques cerrados ó espesos, en los que los árboles estan poco expuestos á los efectos del calor, del sol y luz; pero en árboles diseminados ó aislados, que gozan de esta ventaja en toda su extension, la madera es siempre mas gruesa y mejor desarrollada en la parte Sur del árbol. El corazon nunca se aumenta, y aunque muy ancho en proporcion á la cantidad de madera en el primer año de vegetacion, probablemente viene á ser casi inútil despues, y comprimido por la vegetacion de la madera del alrededor casi desaparece, y aproximándose el árbol á su sazon no cria en proporcion sensible, de modo que puede decirse que el árbol consta de solo dos partes, tales son la madera y la corteza. La primera por la naturaleza de su formacion varía materialmente en diferentes partes, pues como los anillos centrales son los mas viejos y condensados, así del mismo modo son mas duros, mas compactos y durables; esta parte del árbol ó de la madera sacada de él se distingue por el nombre de corazon. Por la misma causa,

como en un árbol que empieza á elevarse la extremidad próxima á la raiz es mas vieja y mas compacta que la de la parte superior, es tambien la parte de mas valor de la madera para el uso. Esto prueba á un mismo tiempo la impropiedad de cortar árboles en la parte poblada de bosques en este pais, dejando los troncos de 2 piés á 30 pulgadas de alto sobre la tierra. El argumento es la abundancia de madera, que el desperdicio de esta no es importante comparado con el inconveniente para los leñadores de tener que hacer el corte bajo. Pero mucho péor es que 2 ó 3 piés de la mejor madera de todo el árbol se pierden, y una parte, la menos expuesta á podrirse y decaer, se deja sobre la tierra. Por las mismas razones que la parte central del tronco dá la mejor madera, la parte externa dá la peor, porque sus capas ó anillos solo pueden tener algunos años (y especialmente el último) tienen sus vasos para la sávia anchos y llenos de los jugos nutricios circulantes en el repartimiento de los cuales coopera con la corteza. Esta madera externa se llama *albura*, hablando del árbol, y es no solo blanda sino que está expuesta á una pronta decadencia, en razon de su esponjosa y absorbente naturaleza, y de la gran cantidad de sávia natural, de materia sacarina y de goma de que siempre está cargada. La corteza de nada sirve para las fábricas, y así no merece mentarse.

84. De lo anterior se vé, que dos objetos principales se presentan por sí mismos para la consideracion del producto de las maderas; el uno disminuir tanto como sea posible la parte blanda é inútil exterior, y en caso de que la haya que se endurezca y mejore; y el otro descargar y dar salida á los jugos naturales del árbol hasta que quede seco, duro, sin riesgo á decadencia interna y á propósito para los objetos á que se destina. La primera de estas circunstancias se cree conseguida por lo que se llama *despalmar* y descortezar el árbol aun vivo; y la segunda que se llama *sazonarlo*, no puede empezarse hasta que el árbol se ha apeado.

85. El despalmarlo se reduce á un profundo corte en todo su alrededor cerca de las raices con una hacha, de modo que se rompan los vasos del jugo destruyendo toda su comunicacion entre las raices y parte superior del árbol; y para que esto se verifique el corte debe no solo atravesar la corteza exterior, sino calar profundamente la albura (nota 53). Descortezarlo es quitarle la corteza exterior, aun vivo.

86. Estos dos expedientes son muy antiguos, porque Vitrubio y otros autores de entonces dicen, que la densidad y fuerza de la

madera se aumenta mucho haciendo que el árbol muera en pié por medio de uno de estos procedimientos; y Duhamel y Buffon citan muchas experiencias para afirmar la verdad de esta asercion, y cuál de los dos medios puede ser mejor para la madera. El resultado no admitió duda y se concede una decidida superioridad á la madera en ambos casos; pero la ventaja por la efectiva cantidad de madera sólida fue en favor del descortezo. Se halló que cuando un árbol se ha despalmado en suficiente profundidad muere muy pronto, y por consiguiente no se sigue ninguna mudanza posterior. La madera, pues, se obtiene casi en el mismo estado que sus anillos externos tenian cuando se despalmó, excepto que ellos mueren y sazonan parcialmente. Descortezando, por el contrario, la muerte no es tan pronta y el jugo del árbol casi desaparece. Buffon establece que algunos robles tratados así no manifestaron síntomas de decaimiento hasta los cuatro meses de quitada la corteza, y despues sus hojas se pusieron amarillas y se cayeron. Este último esfuerzo de vegetacion pudo ser llevado por el jugo, y racionalmente podia esperarse que tuviese alguna variacion física, y al cortar los árboles se halló haber casi desaparecido el jugo, ó mas bien haber variado de tal modo su naturaleza que no podia distinguirse de la madera del corazon. Llegó á estar seca, dura y compacta, y bajo todos aspectos tan buena, aunque no tan pesada, parte por parte, como la madera del centro; y en los experimentos hechos con ella manifestó evidentemente su aumento de fuerza y tenacidad. El peso de iguales masas de roble que se habian descortezado fue mayor que el de los que murieron del modo ordinario, y la fuerza de la una á la otra como de 81 á 74.

87. Estos experimentos y otros manifiestan la ventaja de descortezar los árboles en la época de toda su vegetacion y vigor, cuando se les destina para madera, dejándolos de aquel modo un año despues de la operacion. De esta suerte la madera sólida, no solo se aumenta en cantidad, sí tambien en calidad; y al mismo tiempo adquiere una sazon parcial bajo circunstancias favorables al procedimiento. Así se hace en Inglaterra y otras partes de Europa, especialmente con las encinas ó robles, no tanto tal vez por la mejora de las maderas, como por el pedido de las cortezas para las tenerías ó curtidos, mejorándose impensadamente de este modo la madera.

88. La sazon de la madera pide mucha atencion y cuidado, y se efectúa mejor por el tiempo que por método alguno artificial.

Consiste en dar salida á los jugos naturales; pero si se disipan con mucha rapidez, la madera se rajará y se llenará tanto de hendiduras ó grietas que disminuirá mucho de valor ó será inútil; por el contrario, si se permite permanecer el jugo natural experimentará una descomposicion parcial ó decadencia, particularmente en la parte exterior si se deja la corteza. Esta debe por lo tanto quitarse cuanto antes, y si se necesita la madera escuadrada será necesario cortarla sin desbastarla bajo la forma que una gran porcion del jugo se quite, proporcionándose así mejor egresion de la humedad del corazon del árbol. Bajo de este concepto la madera escuadrada sazona siempre mas favorablemente y con menos perjuicio que la que se mantiene redonda.

89. La madera generalmente se conduce por agua desde los parajes en que se cria, pero en vez de embarcarla se forman con ella balsas, ó se coloca en barquichuelos de poco calado, como no tenga que ir la madera por el mar. Este método de conduccion no solo se ha adoptado por economía, sino para la sazon de la madera, porque nada contribuye tanto á ello como el sumergirla por algun tiempo en el agua. Esta disuelve los flúidos naturales de la madera y se incorpora con ellos, removiéndolos y ocupando su lugar; y como el agua no es viscosa ni tan corruptible como aquellos, se evapora mas fácilmente y no es tan perjudicial á la madera. La que se exporta para el extrangero se lleva en barcos, porque si se empapase en el agua del mar, como la sal de esta es liquidable, la madera necesitará mucho tiempo para secarse, ó nunca llegará á estarlo perfectamente, y por consiguiente será inútil para obras sólidas y secas. Las maderas conducidas por el mar usualmente se descargan en rios de aguas dulces corrientes, en los que se forman las balsas y pasa mucho tiempo antes de aserrarlas y emplearlas.

90. En los puntos que no ofrecen la ventaja de sumergir las maderas en agua, y en donde las escuadradas tienen que permanecer sobre el terreno, se apilan las piezas, cuartones ó vigas unas sobre otras, pero sin que queden en contacto con el terreno, á no ir á emplearlas pronto; porque de nó decaerian carcomidas, especialmente siendo maderas verdes: se deja siempre un vacío pequeño entre las maderas y tambien entre el terreno y las de la base de la pila, para asegurar la libre circulacion del aire, lo que se logra fácilmente colocando pequeños trozos entre las hiladas ó tongas de maderas. No se necesita proteccion contra las lluvias

porque estas son buenas; pero las maderas pueden librarse de los efectos del ardor del sol poniéndolas en lugares sombríos, ó cubriéndolas con tablas.

91. Cuando las maderas han estado ya un tiempo suficiente en el agua, deben tenerse en terreno seco uno ó dos dias antes de aserrarlas para que se sequen, y resulten mas á propósito para trabajarlas. Esto, sin embargo, no produce ventaja á la madera; y como añade trabajo, se omite por lo regular, y los maderos se llevan mas comunmente desde el agua al aserrío, en que se cortan con las dimensiones determinadas. La humedad de la madera se evapora entonces definitivamente, porque aserrada en tablones la superficie se aumenta mucho y la evaporacion se efectúa con mucha rapidez y tan seguramente que requiere detenerla, colocándola aserrada en parajes libres del aire y del sol. Las tablas ó piezas pueden colocarse con intervalos entre sí por lo ya dicho, y las pilas triangulares con los extremos de unas tablas ó piezas sobre los de otras, son muy convenientes por dejar espacio para el aire y quedar seguras, porque solo las piezas de arriba pueden ser movidas y todas contadas fácilmente.

92. Los diferentes suelos, climas y exposiciones, ocasionan diferencias muy sensibles, aun en las maderas de la misma especie. Así los árboles de los paises calientes y húmedos crecen con rapidez y lozanía, y rara vez su madera es dura y buena, mientras que las de regiones frias son todo lo contrario. En general los árboles que son de vegetacion mas tarda, y emplean mas tiempo en llegar á sazon, producen la madera mas fuerte y durable. Pero esto no es una regla general, porque algunos árboles duros de tardía vegetacion se crian en paises calientes, y la Zona tórrida produce algunos (nota 54) de la mayor dureza conocida. Los nudos de la madera consisten en el brote de las ramas, en el tronco ó principales miembros del árbol, y siempre producen contorsion ó alteracion en la textura con aumento de dureza en su inmediacion, y no obstante ellos disminuyen mucho la fuerza lateral de una pieza de madera. Los nudos dependen en gran parte del sitio en que el árbol crece, porque todo vegetal requiere aire y luz, y si carece de uno y otro los busca instintivamente. En los bosques cerrados en que los árboles se hacen sombra mútuamente, estos por lo general son altos y derechos, porque puestos así naturalmente crecen hácia arriba en busca de aire y luz; y como la posicion no es favorable á la produccion y vegetacion de la salida de las ramas, estas pocas

veces se reproducen en tan gran número, ó no son de gran tamaño; en consecuencia la madera de tales árboles será de bastante magnitud, derecha, áspera y libre de nudos, á lo menos de los grandes. Cuando la madera ó tablazon está libre de tachas ó imperfecciones, se llama por los carpinteros *limpia*. La mejor madera del pino blanco americano es una buena prueba de esta circunstancia. Se hace este árbol grande y grueso, y es tan perfectamente limpio ó libre de nudos, desigualdades, granos ú otras imperfecciones en su textura, que se usa exclusivamente en Inglaterra para adornos de puertas, molduras ó ajustes de las mejores casas.

93. Respecto á la especie de madera que debe emplearse en los edificios depende de la facilidad de cada pais para adquirirla; así la Inglaterra y la América ofrecen un gran contraste. Las islas Británicas, de poca extension, y especialmente Inglaterra, estando muy cultivadas para objetos de agricultura, no pueden considerarse como paises de solo vegetacion, siendo mas provechoso cultivar la tierra para coger grano y criar ganado que para el corte de maderas. Los pocos bosques que aun quedan en ella son considerados como realengos, y se dedican solo al cultivo de robles para buques, y generalmente de la especie encorvada para piezas, como curvas y otras partes de ellos que así la requieren. El pino apenas se conoce, á no ser en plantíos de recreo; pero el olmo, el roble recto y el haya son muy comunes: no obstante el poco pino que hay en Inglaterra, es la principal y casi la única madera que se usa para las casas y todas las construcciones comunes. Se lleva de Riga, Memel, Dantzik y otros puertos del Báltico y Norte de Europa para objetos de fuerza y exteriores; y de América (Estados Unidos) para los interiores y adornos ó molduras, y todas se conocen bajo del nombre de madera blanca y amarilla. La encina ó roble es para los usos que requieren mucha fuerza y duracion, y se conoce por los constructores bajo dos variedades, llamadas encina inglesa y de entablado, que se introduce de fuera y es de un hermoso grano y textura. El pino y álamo inglés son pequeños y blandos y no tienen estimacion; pero el haya y el olmo crecen mucho, y el primero es de un grano unido y madera dura de superior calidad; es muy durable debajo del agua y útil para la construccion de mangos de herramientas, y para las máquinas. La caoba es madera de introduccion, y se usa universalmente para muebles, puertas, pasamanos ó balaustradas de escaleras y otros objetos en los edificios mas elegantes y costosos.

94. La América (inglesa) por el contrario era hace pocos años casi un bosque, y continuará gozando con abundancia completamente de madera de todas especies, no solo para sus propias necesidades, sino para exportar á paises extrangeros por muchos años. Hay robles y pinos de muchas especies, aunque pocas de ellas se emplean en los objetos comunes de la construccion. En Virginia se encuentra con abundancia un roble sumamente fino y compacto, que es de excesiva dureza y duracion y se llama encina de poste ó pilar, probablemente por la circunstancia de ser recta y granuda, y que no llega jamás á tener mucho diámetro ó grueso: pero la encina de corteza blanca se hace por lo regular de mucho grueso y se emplea generalmente para grandes obras y máquinas pesadas, para lo que es excelente. Tambien hay pinos de muchas especies, pero se distinguen como en Inglaterra dos clases, el blanco y el amarillo. El blanco se exporta generalmente para Europa. Debe su nombre al color de la madera, que es de un amarillo muy claro que se aproxima al blanco: su madera es muy blanda y limpia, absorbe mucho la humedad, y de aquí ser muy susceptible de expansion y contraccion en tiempos húmedos y secos; pero no obstante es de duracion, principalmente para obras interiores, y está casi libre de trementina ó goma ó materia resinosa: se trabaja bien con el cepillo, y es excelente madera para agarrar con la cola, aunque mala para mantener los clavos. Esta es la madera blanca de Inglaterra, y crece especialmente en los Estados Unidos de América.

95. El pino amarillo (nota 55) por el contrario está lleno de resina ó trementina, de tal modo, que frecuentemente sale por la superficie de la madera cuando se corta, aunque haya mucho tiempo que esté en sazon, y el exceso de esta materia da á la madera un color amarillo rojizo de que saca su nombre. Es mucho mas fuerte y durable que el pino blanco, y la trementina que retiene es un gran preservativo de la madera y la hace poco absorbente del agua. Se emplea mucho en construcciones fuertes, es de grandes dimensiones y es madera de la mayor utilidad y mérito, pero no á propósito para obras pequeñas y delicadas.

96. El *Hemlock* ó abeto (árbol semejante al pino) (nota 56) es otra variedad que se parece al trasportado de Memel y Brunswick en Inglaterra. Se sacan de él tirantes ó trozos largos; pero es mucho mas nudoso, curvo y tiene mas tosco su grano y demas apariencia que los otros pinos. Es muy fuerte y durable y puede usarse

con ventaja en cubiertas, para cuartones ó en sitios en que se requieren de todo su tamaño, sin aserrar y de grandes dimensiones; pero no corresponde tan bien en tablas ó pequeño escantillon, á causa de sus nudos y desigualdades que lo hacen dificil de acepillar é incierta su fuerza.

97. Ademas de estas maderas, comunmente usadas en Inglaterra y América, esta tiene la acacia, cedro rojo y blanco, ciprés, roble siempre verde y otras útiles variedades. El cedro y el ciprés son muy estimados por su duracion y resistencia á decaer en la humedad, por lo que se usa mucho para los cimientos de las obras, para postes ú horcones que han de enterrarse en la tierra, para cercas ó vallados y tambien para tejamaní ó tablitas con que en este pais se cubren casi todas las casas. El ciprés que crece en los pantanos se prefiere para este último efecto. El roble vivo ó siempre verde, es un árbol particular, hasta el dia solo hallado en la parte oriental de los Estados Unidos, y en ella únicamente dentro de pocas millas en la costa. Como todo árbol que crece cerca del mar, nunca llega á ser muy alto, pero suele ser de considerable grueso. Su veta es fina y compacta, su madera, que es mas dura y durable que cualquiera otra especie de roble, interesa al ingeniero y al constructor de molinos, porque es muy á propósito para los dientes de madera de las ruedas. Para este objeto se usaba exclusivamente en Inglaterra una madera muy dura llamada carpe ó channilla; pero en los últimos años se ha exportado gran cantidad de roble vivo, y se estima mucho por los que hacen uso de él. Es tambien excelente para barcos y para todo lo que requiera una obra compacta, durable y fuerte. El *Dog-Wood* (nota 57) es excelente material para muchas cosas, especialmente para tornear, y así se usa mucho en todas la obras de forma redonda, y para la fundicion de hierro ó bronce, como se explicará en la próxima seccion.

98. A la madera ó á los tablones, como generalmente se llama en este pais, se les da diferentes denominaciones segun su corte ó el uso á que se destina. Así cuando se apea un árbol se le corta el tope ó parte superior que contiene la guia, y enteramente las ramas, y todo esto en Inglaterra, donde la madera es escasa, se divide en dos clases llamadas rajones ó leña gruesa, y *haz* ó *gavilla* de leña. Los primeros son las ramas mas largas divididas en partes de 4 piés de largo, es sinónimo de los cordeles de pequeñas ramas sin limpiar en los Estados Unidos, y se emplea como combustible: los segundos son las ramas pequeñas de 2 piés de largo convertidas en haces pequeños ó atados (hacecillos) para encender (nota 58). La cantidad de la parte superior que debe cortarse á un árbol se graduará por su circunferencia, porque no se llama ni se considera como madera la que tiene una circunferencia menor de 24 pulgadas. El cuerpo ó tronco del árbol así desnudo se llama el palo ó caña de madera redonda. Si cuatro de sus lados se tajan ó hachean con tal extension que no den un cuadrado sino una seccion octogonal, compuesta de cuatro lados rectos y cuatro curvos, se reduce á una viga sin desbastar; pero si el corte ha llegado á tal extension que resulta enteramente ó casi en escuadra, entonces se llama palo escuadrado ó pieza de madera, y toda madera debe reducirse á esta forma con el hacha ó con la sierra antes de dividirla en piezas pequeñas. Estas diversas denominaciones no dependen del largo de las piezas.

99. La madera se divide con la sierra en piezas de poco espesor, operacion que se hacia antes con la sierra de mano; pero que hoy se verifica mas fácil, pronta y económicamente por medio de máquinas, de modo que aquella solo se emplea á falta de estas. Cuando se asierra un palo redondo, las piezas de los lados opuestos tendrán plana una de sus caras, y las otras serán parte de la cortadura del todo; se llaman costaneras y no son de mucho valor por sus bordes toscos, y por su aspecto exterior de madera esponjosa; se usa para cubrir canales ó desaguaderos, hacer vallados ó cercas provisionales, y tambien, aunque impropiamente, para entablar debajo de los cimientos de paredes de piedra ó ladrillo.

Segun el tamaño y forma de las piezas que se sacan por la sierra toman estas diferentes nombres. Por ejemplo, cuando un palo se asierra longitudinalmente de modo que salga cierto número de planchas con caras paralelas entre sí, estas se llaman tablas, ú ordinariamente tablas de chilla, segun su grueso: así pertenecen á las primeras las que tienen desde 2 pulgadas hasta $5\frac{1}{2}$ y se distinguen segun su espesor, longitud y especie de madera: el grueso varía de $\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{2}$ pulgada inglesa. En los Estados Unidos las tablas de pino tienen 22 piés de largo y 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$, 4, $4\frac{1}{2}$ y 5 pulgadas inglesas de grueso, y son todas las variedades. En Inglaterra solo se menciona el paraje de la madera y el largo, de que se infiere el grueso. Así diciendo tablas de Cristiania de 22 piés de largo, ya se sabe que tienen 3 pulgadas de grueso y que son de Noruega, en la que la madera es de superior calidad, y por eso su

precio es mayor que el de las de las otras partes. Al mismo tiempo que se expresan las dimensiones de las tablas de pino se debe añadir si es blanco ó amarillo.

100. Cuando las tablas tienen menos de 2 pulgadas de grueso se llaman tablas de chilla, por ejemplo, de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y 1, hasta 2 pulgadas, y mas adelante son ya tablas: si no se da el grueso de las de chilla, se sobreentiende ser de una pulgada. Las tablas para pisos y pavimentos se suponen tener $1\frac{1}{2}$ ó $1\frac{3}{4}$ pulgadas de grueso. Las tablas de chilla generalmente se sacan de todo el palo; pero las mejores son las que resultan de aserrar las tablas, porque aquellas deben estar bien en sazon antes de usarse, y de ningun modo se cura mejor la madera que manteniéndola en tablas un tiempo considerable antes de subdividirla en tablas delgadas ó de chilla. Como en los Estados Unidos se usa sacar al mismo tiempo las tablas de ambas clases, los bordes de las tablas de chilla son ásperos é irregulares, participando de la redondez primitiva del árbol. Estas tablas al medirlas el comprador rebaja la cantidad de madera necesaria para que resulten con sus bordes á escuadra, porque todas las tablas se venden así, en el supuesto de que provienen del árbol escuadrado antes de aserrarlo. Cuando una pieza de madera ó tabla se convierte en tablas de chilla, especialmente si son delgadas, estas se llaman hojas por la semejanza con un libro; así, si se tiran cinco hilos en una tabla de 3 pulgadas de grueso resultarán seis hojas de $\frac{1}{2}$ pulgada cada una. Algunas veces los hilos no son paralelos entre sí, sino que la tabla tiene 1 pulgada en un canto y solo $\frac{1}{2}$ en el otro, como cuando se destinan para cubrir las armaduras de edificios, y entonces se llaman tablas de corte de pluma ó de cubierta de agua ó tejadillo (*). Los mejores pisos se hacen con alfajías, nombre de tablas estrechas de 3 á 6 pulgadas ancho, sacadas del corazon ó de lo mejor del árbol, y por consiguiente libres de la albura. Las mejores alfajías deben ser limpias ó sin nudos, y por consiguiente es la mejor y mas costosa especie de tablazon.

101. Cuando el árbol se corta longitudinalmente en la direccion de dos diámetros perpendiculares entre sí, las piezas que resultan se llaman cuartones, nombre sin duda originado de las cuatro partes en que se divide entonces el tronco. El cuarton tiene siempre mas de 2 pulgadas de grueso; pero menos que el tronco ó

(*) Véanse las figuras 167 y 168 del Apéndice.

palo de que se saca, y se designa constantemente por la dimension de sus lados, y conocida una de las de estos lo son tambien las otras; así 2, 3 ó 4 pulgadas indican una pieza larga de madera en la que cada lado es de 2, 3 ó 4 pulgadas, y que por consiguiente es un cuadrado. Pero si varian dos lados es preciso dar dos dimensiones, como por ejemplo, 4 por $2\frac{1}{2}$ pulgadas, ó 3×6 &c., esto quiere decir que cada dos lados opuestos tienen la misma dimension, así en este caso dos lados tendrán 4 pulgadas, y los otros dos, $2\frac{1}{2}$ pulgadas de ancho. Estas dos últimas dimensiones son las mas comunes en los cuartones para fábricas de ladrillo, porque son iguales á las del ancho de este, y por consiguiente traba bien con él, y así se llaman cuartones regulares, y son casi constantemente usados para vigas de cubiertas, y para las divisiones ó tabiques de las casas: los operarios las llaman particion cuadrada por formarse de cuartones.

102. Ademas de los modos expresados de aserrar ó dividir las maderas, las mejores y mas costosas de ellas se dividen en hojas muy delgadas desde $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{24}$ de pulgada de grueso; se llaman taraceas ó chapas, y se emplean en embutidos ó adornos de muebles y puertas, pegándolas con cola sobre la superficie de la madera que quiere cubrirse, embutirse &c., y esto se llama enchapar, en oposicion á las obras sólidas hechas todas de una misma madera, y por lo mismo mas corpóreas y duraderas.

103. De cualquiera de los modos expresados en que se divide la madera se dice que está en bruto sin labrar; en tal estado se vende por medida al carpintero, constructor ó consumidor. Esta operacion práctica puede hacerse al recibo de la madera en la obra y antes de labrar ninguna de sus partes.

104. La práctica respecto á los trozos redondos, como lo son todos los árboles antes de escuadrearlos ó aserrarlos, es tomar la cuarta parte de la circunferencia média, que se llama cintura del árbol, término usual entre los medidores de madera, y se obtiene comunmente rodeando el árbol con un cordon, correa ó cuerda, se dobla despues en cuatro partes iguales y se toma el largo de una de estas en pulgadas sobre una vara comun. El mejor medio es tomar la cintura en pulgadas con una cinta de medir, dividiendo el resultado por cuatro, porque si la circunferencia es grande puede perderse algo en cada doblez.

Toda parte de un árbol que tiene menos de 2 piés de circunferencia ó 6 pulgadas de cuarta parte de la cintura, no se mira

como madera, y por lo tanto no debe medirse como tal. Si un árbol disminuye con regularidad de abajo arriba, la cintura puede tomarse en el medio, ó la mitad de la suma de las circunferencias en los extremos puede servir para sacar la cuarta parte correspondiente á la cintura; pero si el árbol no tiene aquella regularidad ó si tiene ramas, puede dividirse en dos ó mas partes y tomar las dimensiones de ambas separadamente. En algunos casos, en los que por la forma irregular del árbol se halle dificultad en determinar propiamente la cintura, se fija su posicion entre el comprador y vendedor antes de tomar las dimensiones. Cuando se miden los árboles con corteza se hace una rebaja. En la encina y el olmo la deduccion es de 1 pulgada por pié en la cuarta parte de la cintura; en el fresno, haya y árboles semejantes, cuyas cortezas son mas delgadas, la rebaja es de $\frac{1}{2}$ á $\frac{1}{4}$, segun el estado de la corteza: esta rebaja se arregla entre el comprador y vendedor, y si nada se ha establecido, el comprador tiene derecho á verificarlo segun lo dicho.

Determinado el cuarto de cintura de un tronco ó pieza de madera, se cuadra ó multiplica por sí mismo; y el producto por el largo del palo en piés dividido por 12 y despues por 12, ó de una vez por 144, da el volúmen en piés cúbicos, si el cuarto de cintura se ha tomado en pulgadas; pero si el árbol es tan grueso que se puede tomar su grueso medio, ó cintura en piés, la division es innecesaria.

Ejemplo. ¿Qué cantidad de madera contiene un árbol cuya cuarta parte de cintura es de $14\frac{1}{4}$ piés, y su longitud de 34 piés?

Se dirá

$$14{,}25 \times 14{,}25 = 203{,}06 \qquad 203{,}06 \times 34 = 6904{,}04$$

$$\frac{6904{,}04}{12} = 575{,}33 \qquad \frac{575{,}33}{12} = 47{,}94 \text{ piés.}$$

Si este árbol es encina ú olmo aun con la corteza, pero medido en la misma cintura, la cuarta parte de esta habria sido de $13\frac{1}{4}$, hecha ya la rebaja de la corteza.

105. Para evitar las computaciones largas, precisas en el cálculo de grandes cantidades de madera, los medidores de esta usan constantemente la regla de paso ó corredera de Gunter, que puede hallarse en toda tienda de instrumentos, y por lo comun tiene 2 piés de la regla del carpintero con un escape ó corredera colocado en uno de sus lados. Esta parte contiene 4 líneas logarítmicas de

números marcados en un extremo, con las letras *A*, *B*, *C*, *D*; las dos líneas del medio, *B*, *C*, estan en la corredera, y las otras dos en la regla, pero en estrecho contacto con la corredera, y como los guarismos ó números en aquella estan colocados entre las dos líneas divididas, sirven para ambas. Las tres líneas *A*, *B*, *C* se llaman líneas dobles, porque los números desde 1 hasta 10 se contienen dos veces en la longitud de la corredera, y la línea mas baja exterior contiene solo una marca de divisiones y números desde 4 á 40, y se llama la línea de cintura ó circunferencia média, en razon de su gran utilidad para computar el contenido de los árboles y maderas de todas formas.

La otra cara de la regla debajo de la corredera, se ocupa por lo general con tablas útiles para computar cantidades de madera y su valor, tanto para hacer el instrumento mas útil para todos los usos que se intenten, como para los comprendidos bajo su nombre, que es regla de corredera para medir maderas.

Las líneas dobles *A* y *B* sirven para formar las proporciones y para hallar las superficies, así como para el uso de la línea *D* de ruedo ó circunferencia, y la otra *C* tambien doble para los volúmenes. La única dificultad que puede presentarse al usar esta regla es la correcta lectura de las divisiones; pero el método de anotacion es muy sencillo una vez entendido. Para no llenar la escala con números, solo se ponen guarismos al frente de cada diez divisiones, y las intermedias se computan. Los números del principio á mano izquierda, yendo hácia la derecha, y cuando 1 al principio se cuenta por 1, despues 1 en el medio lo será por 10, y 1 en el fin por 100. Pero si el primer 1 se llama 10, el primero del centro será 100, y el del extremo 1000, y así consecuentemente todas las divisiones pequeñas ó intermedias pueden variar proporcionalmente al leerlas. Una vez acostumbrado á este instrumento sorprende la facilidad y prontitud con que se resuelven los problemas. Con una regla bien dividida en manos inteligentes, una solucion sobre la 200 ava parte del todo puede tenerse con confianza en ella y obtenerse en tan corto tiempo como sea necesario para escribir los números sin hacer la operacion; porque usando la regla de corredera no hay que escribir cantidad alguna, y el resultado se obtiene por la inspeccion en el momento que la corredera se mueve dentro de su posicion propia. Así, pues, si se trata de resolver la anterior cuestion por medio de la regla, solo se necesita hallar la division sobre la línea *C* que marca 34, ó el largo

del árbol, y poner esta marca opuesta á 12 en D. Despues, mirando por la línea que indica la cuarta parte de la circunferencia $14\frac{1}{4}$ en D, se hallará opuesta á 48 en C, que corresponde muy próximamente con el resultado 47,94, obtenido antes con el cálculo. La regla corredera, si no casi tan exacta como el cálculo de los números, le lleva una gran ventaja, tal es, que por la naturaleza y construccion del instrumento, no puede ocurrir error si los primeros puntos se escriben bien, mientras que los números escritos de prisa y al aire, ínterin se está midiendo la madera, dan lugar á que los motivos de error puedan ser muy frecuentes (nota 59).

106. El método anterior para medir madera redonda por el cuadrado de la línea de la cuarta parte de la circunferencia, es tan generalmente usado entre los medidores, que es inútil tratar de introducir innovacion alguna, ni hacer modificacion en el modo, á pesar de no ser enteramente correcto, porque da un resultado de solo próximamente una cuarta parte menos de la verdadera cantidad en el árbol, ó muy próxima, cuando este está ya preparado ó aparejado y escuadreado. Esto ha servido de argumento por algunos para continuar este método de medir; pues habiendo venido á ser una regla dominante práctica, el vendedor queda satisfecho y el comprador ve una escuadra de mucho tiempo usada sin la pérdida que debe esperarse, cortando las costaneras que se desperdiciarian. Las piezas redondas externas, aprovechadas pocas veces con utilidad, no pueden pagarse como las sólidas escuadreadas del centro, y esta es otra razon para que no se incluyan en la medida; pero generalmente ellas pagarán de mas el costo del aserrío de costaneras, ó hacheado si las astillas sirven para combustible.

107. La única regla para hallar la medida del hacheado de la parte redonda, es la dada para encontrar el volúmen de un cono truncado; pero es muy tedioso en medio de las operaciones, y se mira como muy minucioso en las medidas de maderas comunes. Mas como una prueba de que la regla no dá en general un resultado exacto, consideraremos los tres siguientes casos, sacados del excelente tratado de medicion del Dr. Hutton, en el que puede verse que varias distintas medidas de un mismo árbol se obtienen todas correctas segun la regla, y tambien todas diferentes, mientras que si esta fuese exacta, el resultado sería uno mismo, fuese el que quisiese el método seguido.

Ejemplo 1º Cortar una pieza de madera redonda por tal sitio que las dos partes medidas separadamente por el método ordinario produzcan mayor volúmen que si se cortasen por otra parte, y mayor que si no se cortasen enteramente. Para esto basta cortar el árbol exactamente por medio de su largo. Supóngase un árbol de 14 piés de circunferencia ó ruedo, y de 2 piés en su alto ó parte mas delgada, su circunferencia media será de 8 piés, y si tiene 32 de largo el árbol, el total por el método ordinario medirá 128; pero cortado por el medio, la parte gruesa medirá 121 piés, y la del extremo mas delgado 25, cuya suma es 146 piés, que es 18 piés mayor que los que mide el árbol entero.

Ejemplo 2º Cortar un árbol de modo que el extremo mas grueso mida la mayor cantidad posible.

Hágase el corte por el sitio en que el ruedo es un tercio de la mayor circunferencia. Supóngase tambien el árbol de 32 piés de largo y de 14 piés en su mayor ruedo; una línea de 4 piés, 8 pulgadas, siendo el tercio de la mayor circunferencia ó ruedo, puede medirse aparte y aplicarla en el menor ruedo del árbol hasta que se acomode ó se ajuste al ruedo, lo que sucederá á los 7 piés del extremo menor, y en este punto puede hacerse el corte. Entonces el extremo mas grueso ó pié del árbol medirá $135\frac{1}{2}$ piés, mientras el todo del árbol mide solo 128. Los vendedores de madera conocen bien esta regla y la practican; pero es solo aplicable cuando el ruedo mayor excede al triple del menor. Cuando el mas pequeño es exactamente la tercera parte del mayor, los árboles tienen las mas ventajosas dimensiones para la medicion, y nada puede cortarse de mas sino disminuir la cantidad.

Ejemplo 3º Cortar un árbol de modo que la parte próxima al extremo mayor mida tanto como el todo del árbol.

Llámese s la suma de los ruedos en los dos extremos de todo el árbol y d su diferencia, multiplíquese d por la suma de d y $4s$, y de la raiz del producto tómese la diferencia entre d y $2s$; despues hágase esta proporcion: como $2\,d$ es al remanente, así todo el largo es al largo de la distancia á que ha de cortarse del extremo menor. Valiéndose del mismo árbol de los ejemplos anteriores se tendrá $s=16$, $d=12$, y el largo$=32$ piés; haciendo el cálculo se hallará que 13,6 piés es la distancia del corte del extremo menor, quedando 18,4 de largo para la mayor ó hácia el pié del árbol. El ruedo en el sitio en que corresponde el corte tendrá 7,099 piés, y siendo el ruedo en el extremo mas grueso de 14 piés, el medio será cerca de 10,5: una cuarta parte del cual, 2,625 será

el cuarto del ruedo ó circunferencia. Luego $2,625 \times 18,4 = 126,88$ piés viene á ser casi lo mismo que el todo del árbol en el primer ejemplo, no obstante que se ha separado una tercera parte de su longitud.

108. Las anomalías expresadas interesan y deben constantemente estar en la memoria de los jóvenes ingenieros ó constructores para la compra de maderas; porque la parte mas delgada de un árbol nunca aumenta mucho la medida y puede servir de pilar, horcon ó pié derecho ó para leña; y por lo tanto es mejor tenerla que entregar que recibirla ya cortada, especialmente si una gran cantidad de madera puede tenerse que pagar despues de separada y no antes; y la sola razon para descargar el árbol de sus extremos delgados puede ser los caminos ó dificultad de conducirlo, lo que podria ser mas costoso que el aprovecho de dichas partes.

109. Aunque la precedente regla es la única seguida por los medidores, sin embargo, Mr. Hutton dá otra mucho mas próxima á la verdad. Consiste en multiplicar el cuadrado de un tercio de la circunferencia media por dos veces la longitud del árbol, y el producto será el verdadero con muy poca diferencia.

110. Otro procedimiento, intentado introducir en algunos parages de Inglaterra por un trabajo exacto, consiste en dividir el ruedo medio por cinco y cuadrar el cuociente, que se multiplicará por el duplo de la longitud, y tambien será casi exacto.

111. Muchas veces ocurre tener que medir el árbol aun en pié, y para esto se graba frecuentemente una línea de divisiones en uno de los lados del semicírculo vertical de un buen teodolito, y estando el limbo de este bien horizontal y á conveniente distancia del árbol, de modo que el telescopio pueda dirigirse á la parte superior, se tendrá la altura del árbol en cien partes de la distancia horizontal al árbol al tiempo de la operacion. Pero como no todos los que miden árboles tienen á su disposicion un teodolito, y no todos estos instrumentos llevan dicha division vertical, pueden emplearse otros expedientes, y de ellos el mas usado consiste en poner un palo vertical en el mismo plano del pié del árbol y elegir despues un punto en el cual el tope del palo (colocado entre la vista del que opera y el árbol), aparezca coincidir con la parte del árbol de que se quiere la altura. Mídase despues la distancia entre el palo y el árbol, y tambien la que hay desde este al punto de la observacion: mídase la altura del palo y la de la vista, y deducida la altura de esta de la del palo se multiplica el resto de este por la distancia desde el punto de observacion al árbol; divídase el producto por la distancia entre la observacion y el palo, y añadiendo al cuociente la altura de la vista, la suma será la altura del árbol.

112. Otro método menos molesto es el de emplear una tabla delgada de 10 á 12 pulgadas de lado, perfectamente cuadrada. En uno de los ángulos se fija una plomada de tal longitud que el peso caiga 1 pulgada mas bajo que el ángulo opuesto, que queda inferior cuando la tabla se pone en una posicion vertical: desde el ángulo superior en el que está colocada la plomada, se traza una línea diagonal, ó lo que es mejor, se marca con la sierra ó se fija un tubo de estaño de un cuarto de pulgada de diámetro para guiar la vista. Para usar el instrumento se elige una extension en terreno llano desde la cual se vea la parte del árbol que quiere medirse por el tubo ó línea, cuando el lado de la tabla está en contacto con la plomada; se mide despues la distancia horizontal entre el observador y el árbol, y añadiendo la altura de la vista sobre el terreno se tiene la altura del árbol.

113. Para hallar el ruedo ó circunferencia de un árbol cónico regular, aun en pié, hállese primero la altura del árbol y tómese el ruedo en el pié; despues con una correa corta, á la mayor altura que pueda alcanzarse, tómese otro ruedo superior al del pié; multiplíquese la diferencia entre ambos ruedos por la altura del árbol; y divídase el producto por la distancia entre ellos, rebájese del cuociente el primer ruedo, y se obtendrá el de la altura buscada.

114. Cuando se escuadrean trozos de mucho diámetro ó se asierran en piezas rectangulares, no puede encontrarse dificultad en su medida; pero debe observarse que el método de computar su valor depende de la forma y grueso de las piezas, porque todas las tablas se computan por la superficie, y las maderas gruesas por volúmenes. La distincion empieza á las 2 pulgadas de grueso; desde este espesor para arriba en uno ó ambos de sus lados, está sujeta á medida cúbica, y por consiguiente tablas de todas clases, están incluidas en esta denominacion.

115. Las tablas y tablones se mantienen colocadas juntas las de un mismo largo y grueso; y así para medirlas es mucho mas fácil y ahorra mucho tiempo, porque unas mismas dimensiones sirven para un cierto número de piezas, y la superficie medida es la sola que hay que tomar.

Las tablas de la misma longitud se miden generalmente con un cordon, cuyo largo se determina despues de acabada la operacion; pero la cinta de medir dividida en pulgadas es mucho mas cierta y conveniente, porque da la medida de una vez. El modo de verificar la medida se reduce á extender el cordon ó cinta sobre el ancho de la tabla, llevando aquel con la mano derecha manteniéndolo pegado al borde de la tabla, entre el primer dedo y el pulgar de la mano izquierda. La parte así obtenida se pasa á la parte de la derecha de una segunda tabla, y los dedos de la mano izquierda mantienen el cordon sobre el borde de la tabla hasta tener el ancho, y del mismo modo se sigue para cualquier número de tablas. No se registra el ancho de cada tabla, y solo se requiere la suma del todo. Cincuenta ó cien piés de cordon ó cinta se toman sobre las tablas antes que se haga alguna apuntacion, y concluida la operacion la suma obtenida de los anchos separados se multiplica por la longitud comun, y se tiene la superficie de toda la cantidad (nota 60). Como se dijo antes, todas las tablas y tablones pueden estar escuadreadas en sus bordes, y si no sucediese así, ó si son torcidas, ó contienen tales hendeduras ó imperfecciones que sean inútiles, el comprador solo mide aquella parte que puede cortar recta y perfecta, y la misma regla aplica á sus extremos que frecuentemente son toscos con rajas é irregularidades, en cuyos casos puede rebajarse mucho del largo, y al cortar se escuadrean y perfeccionan.

116. Cuando se habla del precio de las tablas se refiere á las de 1 pulgada de grueso, que son las llamadas *tablas de medida*. Dos tablas de ½ pulgada tienen mas precio que una de pulgada del mismo ancho y largo porque en esta no ha habido el coste del aserrío. Las tablas de cubierta de armadura, que tienen 1 pulgada de grueso en un canto y ½ en el otro, se valúan por tres cuartos y todas las tablas se estiman y venden por 100 ó 1000 que consecuentemente componen 100 ó 1000 piés superficiales.

La caoba y demas maderas finas, se aprecian siempre por la medida superficial ó ancho, tanto que un pié cúbico de caoba se vende como 12 piés, porque puede cortarse en 12 hojas, cada una de las cuales tendrá un pie superficial. Las maderas aun mas costosas, tales como boj, ébano, guayaco ó palo santo (lignum vitæ) coco, usadas por los torneros, se venden al peso en vez de medida.

117. Todas las variedades comunes de maderas en piezas que

exceden de 2 pulgadas cuadradas se miden y estiman cubicándolas, lo que por sabido y fácil de hacer casi no era necesario escribirlo. Las dimensiones superficiales de la seccion trasversal de la pieza se obtienen primero, multiplicando un lado por otro de los del ángulo recto, ó como se dice, el ancho por el peralto, y el producto se multiplica por el largo de la pieza. Si todas estas dimensiones se toman en pulgadas el producto será en pulgadas cúbicas, y la suma de todos los volúmenes ó piezas puede dividirse por 1728, número de pulgadas cúbicas de un pié, para tener pies cúbicos; pero si el área se tomó en pulgadas y el largo en piés que es lo mas general, el producto se divide primero por 12 y el cuociente por 12 ó de una vez por 144, por tener la correspondiente reduccion.

Todos los tablones y cuartones de cualquier tamaño se miden de este modo y reducen á piés cúbicos, añadiendo el precio del aserrío al costo de la madera para determinar el valor de aquellas. Las maderas aserradas en tablones, tablas ó cuartones valen mas que la simple madera y su aserrío; porque cuando un trozo de madera está torcido, el comprador no puede juzgar de su bondad y solidez y corre el riesgo de que al aserrarlo puede abrirse ó rajarse, como se dice; pero la madera aserrada manifiesta todos sus defectos y tachas, si las tiene, y el comprador tiene el derecho de desecharla, escogiendo solo la de buena calidad, y por lo tanto debe ser en justicia mas alto el precio que cuando toma en proporcion lo malo con lo bueno. En Inglaterra generalmente el precio se arregla por la carga y no por medida, y si fuese necesario reducir aquella á piés cúbicos, el precio de la carga puede sin mucho error dividirse por 50, porque este es generalmente el número de pies cúbicos que forma una carga, y viceversa multiplicando el precio por los piés se tendrá el precio de la carga.

118. El aserrío siempre se computa por su valor pagándose por la medida superficial aserrada y generalmente por cada 100 piés. Cuando se tienen sierras de agua ó de vapor, el aserrío es mucho mas barato y mejor hecho que con la sierra comun por los aserradores. El aserrío de estos se hace entre dos, uno en la parte superior de la madera que se asierra y otro en la inferior; el primero es el que mas debe saber porque él traza las líneas del aserrío, guia la sierra durante la operacion y concluida mide lo aserrado, mientras que el segundo solo tiene el objeto de ayudar con su fuerza tirando de la sierra hácia abajo. Para la madera comun

la sierra de que se hace uso se llama serrucho, y es una mera hoja de acero con dientes toscos en uno de sus bordes, y un brazo atravesado á cada extremo para que los aserradores tiren de ella. La hoja de esta sierra puede ser de mucho grueso para que tenga suficiente tesura y fuerza; los dientes deben torcerse un poco alternativamente á un lado y otro del plano de la hoja, con el fin de que dejen una abertura en el corte para el paso de aquella, evitando sea apretada por las caras aserradas, lo que puede causar una friccion de mucho detrimento; así esta clase de sierra desperdicia una gran cantidad de madera al aserrarla para tablas delgadas, y no puede emplearse en maderas finas porque el corte tiene de ancho regularmente cerca de $\frac{1}{8}$ de pulgada, y por consiguiente en 8 ó 9 cortes se desperdicia una tabla de pulgada de grueso que se convierte en serrin. Por lo tanto, las maderas finas se asierran con sierra de armadura cuya hoja es mucho mas delgada, con dientes finos, encastrada fuertemente en un liston delgado de madera, que evita se tuerza ó encorve; el corte hecho nunca excede la 16 ó 20 ava parte de una pulgada de ancho, lo que produce comparativamente poco desperdicio. Las hojas delgadas para embutidos ú obras de taracea ó enchapados, se sacan generalmente con sierra circular, que se reduce á una plancha circular delgada de acero con dientes finos en el borde, y construida de modo que pueda girar en un quicio ó eje con gran velocidad por medios á propósito. La madera áspera se corta por lo regular trasversalmente con una sierra llamada de cruz larga y fuerte con un asidero en cada extremo, á los cuales dos hombres aplican su fuerza. En toda máquina de aserrar, se mueven las sierras en la direccion conveniente para producir el efecto de sus dientes, pero jamás cambian de puesto, y por consiguiente la madera que ha de aserrarse ha de moverse hácia la sierra á proporcion que ésta obra, y esto constituye uno de los puntos delicados en una buena máquina de aserrado que ha de obrar en varias maderas, para que la velocidad con que estas han de andar sea proporcionada á su dureza, nudos y desigualdades que ocurran, pues si nó las sierras se romperian. Si siempre fuesen las mismas la calidad y dimensiones de la madera, no se necesitaria de esta coincidencia ó combinacion porque podria proporcionarse uña velocidad uniforme para la operacion. En las sierras de mano, por el contrario, la madera está quieta, y la sierra anda con una prontitud proporcionada á la práctica de los aserradores y dureza de la madera.

119. Como toda madera se vende por el pié cúbico, el precio

de este regula el de todo escantillon; por lo tanto, si se calcula cuánta madera de escantillon dado se necesitará para formar un pié cúbico y se añade el precio de aserrado, se tendrá de una vez el valor del escantillon. Este cálculo es sencillo y fácil, pero ocurre con tanta frecuencia y en tanta variedad de dimensiones, que la siguiente tabla, en la que se manifiestan las cantidades, será muy útil.

120. TABLA *que manifiesta el largo que debe tener la madera de dos hasta doce pulgadas de lado para componer un pie cúbico.*

Pulg.	*Pulg.*		*Piés.*	*Pulg.*	*Pulg.*	*Pulg.*		*Piés.*	*Pulg.*
2 por	2	requieren de largo	36	0	3 por	6½	requieren de largo	7 por	4
2	2½		28	9	3	7		6	10
2	3		24	0	3	7½		6	4
2	3½		20	7	3	8		6	0
2	4		18	0	3	8½		5	8
2	4½		16	0	3	9		5	4
2	5		14	5	3	9½		5	0
2	5½		13	1	3	10		4	10
2	6		12	0	3	10½		4	6
2	6½		11	1	3	11		4	4
2	7		10	3	3	11½		4	2
2	7½		9	7	3	12		4	0
2	8		9	0					
2	8½		8	6	4	4		9	0
2	9		»	»	4	4½		8	0
2	9½		7	7	4	5		7	2
2	10		7	3	4	5½		6	6
2	10½		6	10	4	6		6	0
2	11		6	6	4	6½		5	6
2	11½		6	4	4	7		5	1
2	12		6	0	4	7½		4	9
					4	8		4	6
					4	8½		4	3
3	3		16	0	4	9		4	0
3	3½		13	8	4	9½		3	9
3	4		12	0	4	10		3	7
3	4½		10	8	4	10½		3	5
3	5		9	7	4	11		3	3
3	5½		9	0	4	11½		3	2
3	6		8	0	4	12		3	0

Pulg.		Pulg.		Piés.	Pulg.
5	por	5	requieren de largo	5	9
5		5½		5	3
5		6		4	10
5		6½		4	5
5		7		4	1
5		7½		3	10
5		8		3	7
5		8½		3	5
5		9		3	2
5		9½		3	0
5		10		2	10
5		10½		2	9
5		11		2	8
5		11½		2	6
5		12		2	4
6		6		4	0
6		6½		3	8
6		7		3	5
6		7½		3	2
6		8		3	0
6		8½		2	10
6		9		2	8
6		9½		2	6
6		10		2	5
6		10½		2	3
6		11		2	2
6		11½		2	1
6		12		2	0
7		7		2	11
7		7½		2	9
7		8		2	6
7		8½		2	5
7		9		2	3
7		9½		2	2
7		10		2	1

Pulg.		Pulg.		Piés.	Pulg.
7	por	10½	requieren de largo	1	11
7		11		1	10
7		11½		1	9
7		12		1	8
8		8		2	3
8		8½		2	1
8		9		2	0
8		9½		1	10
8		10		1	9
8		10½		1	8
8		11		1	7
8		11½		1	7
8		12		1	6
9		9		1	9
9		9½		1	8
9		10		1	7
9		10½		1	6
9		11		1	5
9		11½		1	4
9		12		1	4
10		10		1	5
10		10½		1	4
10		11		1	4
10		11½		1	3
10		12		1	2
11		11		1	2
11		11½		1	2
11		12		1	1
12		12		1	0

121. TABLA *para medir fácilmente la madera redonda.*

CUARTO de ruedo.	AREA.	CUARTO de ruedo.	AREA.	CUARTO de ruedo.	AREA.
Pulgadas.	*Piés.*	*Pulgadas.*	*Piés.*	*Pulgadas.*	*Piés.*
6	0,250	12	1,000	18	2,250
6¼	0,272	12¼	1,042	18½	2,376
6½	0,294	12½	1,085	19	2,506
6¾	0,317	12¾	1,129	19½	2,640
7	0,340	13	1,174	20	2,717
7¼	0,364	13¼	1,219	20½	2,917
7½	0,390	13½	1,265	21	3,062
7¾	0,417	13¾	1,313	21½	3,209
8	0,444	14	1,361	22	3,362
8¼	0,472	14¼	1,410	22½	3,516
8½	0,501	14½	1,460	23	3,673
8¾	0,531	14¾	1,511	23½	3,835
9	0,562	15	1,562	24	4,000
9¼	0,594	15¼	1,615	24½	4,168
9½	0,626	15½	1,668	25	4,340
9¾	0,659	15¾	1,722	25½	4,516
10	0,694	16	1,777	26	4,692
10¼	0,730	16¼	1,833	26½	4,876
10½	0,766	16½	1,890	27	5,062
10¾	0,803	16¾	1,948	27½	5,252
11	0,840	17	2,006	28	5,444
11¼	0,878	17¼	2,066	28½	5,640
11½	0,918	17½	2,126	29	5,840
11¾	0,950	17¾	2,187	29½	5,944
				30	6,250

Ejemplo del uso de esta tabla.

Tomado por medida el cuarto de ruedo de cualquiera pieza de madera, hállese en la tabla el correspondiente cuarto y el número de la columna «área» opuesto, multiplicado por los piés del largo del

árbol, el producto será el número de piés cúbicos y decimales del pié. Supóngase una pieza de 16 piés 9 pulgadas largo (16,75 piés) y que el cuarto de ruedo sea 20 pulgadas: su área correspondiente en la tabla es 2,717, y 2,717×16,75=45,509775 piés cúbicos, será el volúmen contenido.

SECCION IV.

Del hierro y otros metales.

122. El hierro y demas metales no se han considerado nunca como materiales para las obras ó fábricas, sino que se miran solo como auxiliares de las materias principales ya descritas, en razon de que los constructores los emplean únicamente como medios de enlazar diferentes partes ó aumentar su fuerza, en forma de clavos, tornillos, pernos, cerrojos, tirantes ó barras de union, exceptuando las planchas de estaño, plomo ó cobre que siempre se han usado para cubrir los tejados ó para formar canales, canalones y tubos para conducir las aguas de las lluvias ó del surtido de las fuentes. El uso de los metales en las fábricas comunes es, como se ve, limitado; pero en las construcciones á cargo del Ingeniero el caso es muy diferente. Los muchos puntos en que hoy se trabaja el hierro hace que sea barato, y que se obtenga fácilmente; mientras la facilidad introducida en el modo de trabajarlo, resultado de su contínuo uso, ha producido una total revolucion en las obras del Ingeniero y constructor de máquinas; tanto mas, cuanto en el dia miran el hierro casi como sus principales manufacturas y se emplea en situaciones y usos que ahora medio siglo se hubieran mirado como absurdos, si no imposibles.

123. Las cañerías subterráneas para conduccion del agua de los pueblos, fueron primero de árboles enteros taladrados; despues se hicieron de piedra y de tierra cocida; el primer material estaba sujeto á tan pronta decadencia que ocasionaba continuos reparos y gastos; y el último, siendo muy quebradizo estaba expuesto á frecuentes roturas y habia mil dificultades en las juntas, tanto, que ninguna gran cantidad ó presion de agua se podia hacer contra ellas. En el dia se han sustituido con las cañerías de hierro fundido, que rara vez necesitan repararse, si se entierran bien al principio. Son tan durables y fuertes que no ocurre dificultad alguna en elevar el agua á las azoteas ó partes mas altas de las casas ó sacarla del fondo de las minas mas profundas sin recelo, falta ni accidente. Los dientes de las ruedas de molinos y máquinas que hace pocos años eran enteramente de madera, sujeta á pronta destruccion y frecuentes reparos, se hacen hoy siempre de hierro fundido, ú otro metal trabajado con la precision y perfeccion de la obra de los relojes. Las principales partes de nuestras máquinas de vapor, se hacen hoy enteramente de hierro, y se emplea en vez de piedra y madera en cubiertas, pisos, en puentes y en caminos, de modo que es esencial y necesario que el ingeniero conozca la naturaleza del hierro y demas metales útiles y el modo de trabajarlos y usarlos ó emplearlos.

124. El hierro es uno de los productos minerales mas abundantes de la naturaleza; pero rara vez se halla en el estado propiamente metálico en que se emplea. Todo hierro expuesto al aire húmedo se cubre de orin, ó en el lenguaje químico atrae el oxígeno de la atmósfera y se convierte (al menos en su superficie) en óxido de hierro, y con el tiempo se oxida enteramente, porque el orin del hierro es un óxido regular, y el hierro tiene tan fuerte afinidad con el oxígeno, que en vano serian los esfuerzos que se hiciesen para impedir esta oxidacion, á pesar del deseo de evitarla. Esto demuestra á un tiempo la dificultad de hallar el hierro nativo y que los mas de los materiales hallados de este metal son óxidos. Estos, en el hierro, rara vez presentan una apariencia metálica, y varían de color, del rojo claro al amarillo, bermejo ó rojizo y en ocasiones casi negro. Este metal está tan generalmente diseminado sobre la superficie del globo que sus óxidos generalmente dán un tinte de color á todo el suelo, haciéndolo pardusco, amarillo ó rojo. En estos casos, el hierro existe en tan pequeñas cantidades que viene á ser imposible obtenerlo para algun uso. Las llamadas minas de hierro, son inmensas secreciones del mineral de hierro formado en masas generalmente estratificadas, en una direccion casi horizontal, y que frecuentemente tienen de 6 á 12 ó 15 piés de grueso y son de grande extension. Estas minas, ó formacion de mineral de hierro, son muy comunes y las hay mas ó menos extensas en todos los paises, particularmente en los montañosos; pero el mineral es inútil sin la aplicacion inmediata de una abundante porcion de combustible para fundirlo, y de piedra caliza necesaria como fundente para promover el flujo del metal sacado de su matriz original. Bajo de este concepto, muchos depósitos de valor de

mineral de hierro se han descubierto, pero no pueden trabajarse porque el hierro se vende hoy tan barato, que no dá para los costos del trasporte, ni para el de ninguno de los artículos necesarios para su extraccion á alguna distancia; y las minas que se trabajan con gran ventaja son solo aquellas en las que se hallan reunidos el mineral de hierro, piedra de cal y leña ó carbon en la misma localidad, lo que no es raro.

125. El arte de extraer el mineral y el carbon de piedra, de construir los hornos para la reduccion y purificacion del hierro, y las máquinas empleadas para convertirlo despues en barras y otras formas útiles, así como las ruedas de agua ó máquinas de vapor que sirven de potencia, ó para ponerlas en movimiento, son partes de los conocimientos del Ingeniero civil, y el proyecto y construccion de tales obras es tambien una parte de su deber. Pero como tales conocimientos correspondan mas particularmente á la clase de la profesion que abraza las minas y la metalúrgia, no se hablará de ellos por el presente, tratándose en esta seccion solo de lo necesario para que aquel pueda juzgar de las calidades del hierro y otros metales, empleándolos con ventaja, ya sean trabajados, ó adquiridos en el mercado público.

126. El hierro tiene una fuerte afinidad con los mas, si no con todos los combustibles, y caliente se combina prontamente con ellos; y tambien se combina ó mezcla con los mas de los otros metales formando una liga que altera muy esencialmente el carácter del metal. Para prueba, caliéntese una barra de hierro en una fragua hasta que adquiera un color casi blanco, ó lo que los herreros llaman *última calda*, y restregándola con un canuto de azufre, este y el hierro se liquidarán simultáneamente y caerán á gotas, las cuales se ponen duras luego que se enfrian, y examinadas se ve no son ni hierro ni azufre, sino una combinacion de ambos llamada por los químicos sulfureto de hierro, que es duro y quebradizo, sin lustre metálico, y en realidad sin ninguna de las cualidades que hacen apreciable al hierro. Puede creerse que calentando otra vez este compuesto, el azufre se evaporará y separará; pero no es así: la combinacion es demasiado íntima para poderla disolver por este medio, y el hierro queda inútil para todos los usos ordinarios. El hierro combinado con el azufre es una produccion mineral muy comun, hallada constantemente en las minas de hierro y otras, y conocida generalmente por *piritas marciales ó de hierro mundic* (nota 61) y *marquesitas*, y es uno de los mas

relucientes y hermosos minerales, cristalino con lustre metálico y con color entre bronce y oro, de modo que muchas veces los ignorantes han creido ser este último metal. Cuando se halla este mineral se debe separar cuidadosamente del mineral de hierro antes de trabajarlo, porque una pequeña cantidad de él echaria á perder otra mayor de hierro.

127. El carbon ó material puro, coal, se une con el hierro del mismo modo que el azufre; pero menos extensamente y de una manera menos destructora. La reduccion del mineral de hierro consiste en llenar un horno muy alto, construido á propósito, de tongas ó capas alternadas de mineral de hierro, piedra caliza y combustible; lo que entra pronto en estado de combustion por el fuego encendido antes, que se aviva por los fuelles mayores ú otras máquinas de soplo ó viento, hasta que el hierro se reduce privado de su oxígeno, y gotea ó corre hácia abajo pasando por medio del combustible encendido, quedando en constante contacto con el carbon cuando ambos estan en una muy alta temperatura, y consecuentemente llegan á unirse. No obstante, todo el hierro se reduce desde luego, y obtenido en un estado flúido ó derretido, como el fondo del horno está horadado ó tiene agujeros dentro de él á determinados períodos, el flúido corre fuera. Cuando está frio, toma desde luego el aspecto del hierro metálico, pero no es á propósito para el uso; y cuando se rompe, aparece generalmente blanco, y casi cristalino en la parte fracturada, excesivamente quebradizo, y tan duro que ninguna lima ni otra alguna herramienta le hace mella. En tal estado, es muy espeso y glutinoso cuando está caliente, y no corre ó fluye con facilidad, y por consecuencia no es á propósito para los objetos del fundidor; pero las barras ó piezas fundidas largas que se requiere sean duras, y que no se han de tornear, taladrar ni sufrir otra operacion, se forman de este hierro, que en este primer estado se llama *hierro crudo ó vaciado*.

128. De lo dicho se infiere fácilmente que el combustible empleado para la fundicion del hierro tiene mucha influencia en este. Los mas de los coales ó carbones, contienen azufre que le es tan perjudicial, que debe prohibirse su uso en la fundicion. La leña por el contrario nada contiene que le pueda dañar; pero en su estado ordinario la humedad impide la combustion rápida, y no dará bastante calórico hasta que no se convierta en carbon, en cuyo estado es el mejor combustible que puede usarse, aunque es costoso

por el trabajo de prepararlo y por su rápida combustion. Se cree que el hierro Sueco, que por muchos años se ha graduado de mayor fuerza, flexibilidad y ductilidad que el de cualquier otro pais, debe esta perfeccion á ser trabajado con carbon de leña de pino; y las variedades de hierro, llamadas *hierro de carbon* por usarse para trabajarlas de un procedimiento semejante, son mas buscadas para obras de interés y se pagan á mayor precio. Despues del carbon de leña, el carbon mineral ó las cenizas del betun del carbon de piedra, llamado coke ó coal, es el mejor combustible para fundir el mineral de hierro; pero este combustible solo se usa en Inglaterra, donde la leña es escasa, y tambien se ha introducido en algunas fundiciones en este pais. El coal es carbon de piedra reducido á pequeñas partes, quemado al libre acceso del aire, y permitiendo que arda hasta que deje de hacer llama ó humo, y toda la masa llegue á estar enrojecida. Despues se encierra de modo que el aire no le dé ínterin se suspende la combustion, y en este estado se deja enfriar, y queda á propósito para el uso. El coal se hace en porciones pequeñas y en hornos á propósito, que ordinariamente contienen 36 fanegas de carbon. Una misma puerta sirve para introducir el carbon y para dar entrada al aire, y hay una chimenea para la salida del humo y para promover la circulacion del aire dentro del horno mientras arde el carbon, y llevada la combustion al grado suficiente, se cierran las puertas y la chimenea, y tapan con arcilla húmeda para que no entre aire alguno. Se deja el horno así por algunas horas para que se enfrie; despues se saca el coal con una pala ancha de hierro sujeta de una cadena que pende de una pequeña balanza, grúa ú horca. Se echa agua en el coal despues que se extrae, para evitar el que vuelva á encenderse, y esto mismo se dice sirve para endurecerlo y hacerlo mejor. Sacado el coal del horno, conserva éste calor suficiente para encender la carga de carbon que se introduce inmediatamente. Cada carga de 36 fanegas generalmente necesita 24 horas para convertirse en coal: de modo que el horno puede cargarse todos los dias y estar en continuo uso. El coal crece mucho al formarse: así 36 fanegas de carbon pueden producir de 45 á 48 de coal; y cuando es bueno y bien cocido ó quemado, llega á ser muy duro, tiene un brillo y lustre casi metálico, y es muy sonoro.

No obstante que el coal es mejor y mas económico sacado en un horno cerrado que de otro modo, sin embargo, esta clase de

hornos son tan incómodos y costosos para obras grandes de hierro, que el coal se hace muy á menudo en campo abierto. El carbon se apila en montones grandes; y despues de quemado por un espacio de tiempo suficiente, se cubren con tierra las pilas, para evitar el contacto del aire, y se riega la tierra sin destapar aquellas hasta que el coal está casi frio.

129. De la sucinta relacion que antecede, referente al modo con que se funde el hierro, se inferirá que desde luego se obtiene en un estado pastoso y flúido; y tambien es óbvio que resulta en dos formas distintas llamadas *barras ó maleable y colado* cuyas calidades son tan diferentes como si fuesen dos metales distintos. El hierro maleable solo se trabaja en piezas largas rectangulares llamadas *barras*, ó en largos cilindros llamados varillas ó cabilla, ó en planchas. Siendo bueno, se clasifica por su flexibilidad, ductilidad y posibilidad de doblarse; por su fuerza; por adquirir y retener un alto grado de pulimento que refleja; por su testura fibrosa; facilidad con que se mezcla ó combina con el oxígeno; facultad de pegarse cuando está muy caliente, tanto que dos piezas pueden unirse con el martillo y quedar tan fuertes como si nunca hubiesen estado separadas (que es una de sus mejores propiedades), y por su resistencia á fundirse por el calor, porque puede el hierro maleable llegar á ser blando y dúctil, por un alto grado de calor puede convertirse todo en óxido, y puede arder ó enrojecerse; pero no puede fundirse. El hierro colado, por el contrario, no tiene ninguna ductilidad, poquísima flexibilidad; no puede apenas torcerse sin que se rompa; es muy inferior en resistencia ó fuerza al maleable; puede reducirse á blando y pulimentarse; pero no tendrá reflexion ó *reflectibilidad*; su testura es granugienta en vez de fibrosa; se mezcla y combina lentamente con el oxígeno; no se puede unir soldándolo, y se liquida ó funde á un alto grado de calor. El hierro en ambos casos es el mismo, y estas diferencias extraordinarias parecen depender enteramente de la cantidad de carbon y oxígeno combinadas con el metal al tiempo de la reduccion. El hierro maleable se cree es puro ó que está libre de liga, y cuanto mas puro, tanto mas perfecto es; pero el colado está unido con el carbon y oxígeno, y las diferentes proporciones de estos elementos afectan sensiblemente la calidad del metal; así, pues, esta clase no es hierro, hablando propiamente, y sí un carburo mezclado con algun oxígeno.

130. Por lo tanto, para obtener el hierro maleable se debe re-

finar ó purificar el imperfecto carburo, obtenido del mineral en los primeros procedimientos de reduccion ya descritos, quitándole el carbon que se habia embebido, lo que se consigue liquidando el hierro crudo ó forjado por segunda vez en un horno de reverbero, ó de tal modo construido que el hierro quede expuesto á una corriente de aire libre, y sujeto á todo el calórico del combustible sin estar en contacto con él. Tan pronto como el hierro se funde se menea constantemente con varas de hierro, y de modo que se presenten nuevas capas de hierro al aire y calor, lo que se llama menear ó batir. Por este medio toda la materia carbonácea contenida en el hierro se quema y consume, y otra porcion del hierro se combina con el oxígeno del aire; y á causa de estos cámbios, el hierro prontamente pierde su fluidez, y se hace viscoso y tenaz como masa. Los trabajadores, juzgando por su experiencia cuándo se verifica esta mudanza y confirma suficientemente, sacan la masa de hierro del horno y la colocan en un gran yunque donde recibe algunos golpes de un martillo pesado de fragua ó martinete movido por una máquina, que la reduce á plancha ó barras rectangulares de dos á tres piés de largo. Los golpes de estos martillos, no solo forman las barras, sino que hacen la masa mas densa y compacta, y la despojan de todo el óxido de hierro obtenido durante el movimiento del líquido. Estos golpes hacen saltar en todas direcciones chispas que parecen centellas brillantes y hermosas. Estas barras cortas, aun en este estado brillante, se llevan prontamente á los cilindros representados en la figura 11; y si se quiere tengan la figura cuadrada se introducen en la abertura *d* y van adelante por el movimiento de los dos cilindros de hierro colado *b*, *c*: si se desea una barra mas delgada, esta pieza se vuelve á introducir caliente por la abertura próxima *e*, despues por *f*, y así sucesivamente, hasta que se reduce á la dimension requerida. Si se quiere una barra redonda (cabilla), se presentan las barras ó piezas del mismo modo para que pasen por las aberturas redondas *g*, *h* &c., y de este modo la barra primitiva, que solo tenia 30 pulgadas de largo, se extiende á 10 ó 12 piés y aun á mas y despues se corta con tijeras del largo que se quiere. Todas las barras de hierro se forman en el dia pasándolas por cuatro cilindros de esta especie, y así las fundiciones ó fábricas de hierro deben tener un número proporcionado de ellos, segun las dimensiones y formas que se quieran, porque variando la denticion ó correspondencia de los dientes en los

cilindros, se obtienen barras de todas hechuras, y de este modo se hacen los carriles de hierro de formas particulares, y las barandas ó verjas de hierro y otros objetos. Las aberturas mayores se colocan en los extremos, y las mas pequeñas en el centro para no debilitar los cilindros. Para hacer planchas y aros ó flejes, los cilindros son casi planos y sin ninguna denticion, pero su hechura es la misma en todos los casos. Los cilindros se colocan sobre dos piés derechos ó marcos fuertes de hierro colado *a*, *a*, unidos á una pieza trasversal que está encastrada en el terreno, y fija de modo que asegura la estabilidad de toda la máquina. Los cilindros y sus muñones están hechos á torno para que sean perfectamente cilíndricos, y los huecos en que giran los segundos son de cobre para disminuir el rozamiento: los dos fuertes tornillos *i*, *i*, obran sobre el tope de los muñones del cilindro superior para estrechar el conducto de los cilindros entre sí; pero al formar planchas ó flejes, estos tornillos se aflojan para que los cilindros puedan dejar un claro igual al grueso de la obra que se quiere. Ambos cilindros están unidos á las ruedas dentadas de hierro colado *k*, *k*, para asegurar su movimiento simultáneo; y la potencia, bien sea por medio de ruedas hidráulicas, bien por el vapor, se aplica solo al cilindro inferior.

131. Antes de usarse los cilindros, las barras se formaban con solo los golpes del martinete, lo que consumia mucho tiempo y las barras no salian de tan completa uniformidad como las que se hacen hoy. Pero no hay duda de que el martillo es lo mejor para obtener buen hierro. El efecto de los martillazos repetidos es el de condensar el hierro, hacerlo mas compacto y fuerte, y al mismo tiempo separar todo el óxido ó carburo de hierro que puede aun tener la pieza, lo que no se logra tan completamente por la operacion igual y constante de la presion. Sin embargo, con los cilindros se hacen barras con tal velocidad, que admira á los no acostumbrados á estas operaciones, y sacan una suave y uniforme apariencia muy superior á la que se obtiene con el martillo. Por lo tanto, es del interés del fabricante el uso del cilindro á pesar de lo inferior del artículo, y el público en general se contenta mas en hallar un género de hermoso aspecto por bajo precio, que pagar mas por lo que realmente es mejor. En compensacion de lo imperfecto del uso de los cilindros, las barras que pasan entre ellos pueden reducirse á pequeñas dimensiones, y entonces cortarse y juntarlas para que sean de doble dimension. Cuando se hayan de

unir estas dos barras se recalientan ó recuecen antes de pasarlas por entre los cilindros para consolidarlas en una sola y reducirlas á las dimensiones requeridas. Cuando dos ó mas barras se calientan, se colocan juntas y se unen por el cilindro ó por el martillo, la operacion se llama *liar*, y la fuerza del hierro se aumenta mucho. Algunos fabricantes aseguran que todas sus barras se hacen así, y por consiguiente aumentan el precio del hierro; pero siendo lo general hacerlas en cabillas ó barras redondas, estas se consideran de menos buena obra que las de forma rectangular.

132. Cuando el hierro maleable ó hierro forjado es puro y bueno, puede encorvarse ó doblarse aun estando frio sin romperse, y en este caso la fractura será fibrosa sin mucho lustre; pero si el hierro es malo ó quebradizo, no doblará sin saltar ó romperse, y la fractura será brillante y granugienta. El hierro no formará un alambre continuo si no es bueno ó puro, y las dos variedades pueden por esto manifestarse bien y conocerse partiendo un pedazo de alambre de hierro grueso, y un clavo cortado de los comunes y del mismo tamaño de aquel. El alambre podrá encorvarse hácia adelante y hácia atrás muchas veces antes de romperse, mientras que el clavo se romperá por poco que quiera doblarse. Aunque las calidades del hierro bueno debian siempre ser unas mismas, no obstante, es tan rara la vez que esto sucede, que se han adoptado tres distintos nombres para distinguirlos; tales son: 1º *Hierro correoso*: 2º *Agrio ó que quiebra fácilmente estando frio*; y 3º *Ojo de sapo, que quiebra fácilmente estando caliente*. La variedad *flexible ó correoso* (de que es un ejemplo el hierro sueco), es flexible y fuerte así en frio como en caliente: el agrio quebradizo en frio lo apetecen los cerrajeros porque suelda fácilmente y se trabaja con libertad mientras está rojo candente; pero es quebradizo estando frio: el ojo de sapo ó quebradizo en caliente, por el contrario, no aguanta el martillo estando caliente rojo; pero es flexible y tratable estando frio, por lo que es útil para formar ciertos objetos pequeños que no necesitan del fuego.

133. El valor de las barras en el mercado generalmente se conoce por las marcas ó nombres que llevan aquellas estampadas, indicando la fábrica y las circunstancias, por las que pronto son conocidas en el tráfico. Pero el extrangero que desconoce estas señales ó signos, no puede elegir con alguna certeza sin romper las barras y examinar la fractura; ademas, algunas de las barras podrán calentarse por sus extremos y golpearse con un martillo para desechar el quebradizo en caliente, casi inútil en obras grandes, á no usarlo meramente como barras para soportar pesos ó para oponer resistencia.

134. El hierro de recortes es una variedad que se aprecia mucho para objetos que requieren buen hierro. Se llama así por formarse de todos los sobrantes, desechos ó pedacitos de hierro viejo ó del nuevo del corte de las barras, ó que resultan al trabajarlo. Se vende en las herrerías bajo el nombre de *hierro de fanega* ó de *medida*, y se coloca en montones de medio quintal, manteniéndolos reunidos por arcos de hierro. Estos montones se recalientan en hornos á propósito antes de llevarlos al martinete para unirlos ó juntarlos en una masa, ó batirlos para expeler el hollin ú óxido, despues de lo cual se pasan por los cilindros (como el otro hierro) para convertirlo en barras. Formándose este hierro de piezas pequeñas juntadas en todas direcciones, el grano ó fibra es mas desigual, desunido y entremezclado que el de alguna otra especie, y forma una barra muy superior cuando los recortes son de buena calidad y se incorporan completamente.

135. Como la aplicacion del hierro ya trabajado á objetos útiles no se hace por el ingeniero en persona, parece innecesario entrar en algunos detalles del modo de trabajar este metal; pero como en muy pocas obras dejará de tener que emplearlo, y constantemente tendrá que ordenar su ejecucion, es casi indispensable que conozca la clase de trabajadores que ha de emplear, las operaciones que les corresponden, y aquellos términos técnicos que son precisos para darse á entender con ellos, por lo que se hablará sucintamente de dichos objetos.

136. La obra de hierro ya formado se ejecuta por dos clases distintas de operarios, que son los herreros y los cerrajeros. Aquellos empiezan la operacion, y su obra se hace exclusivamente con el fuego activado por fuelles, lo que se llama la *fragua* del herrero. Toma el hierro, y despues de calentarlo correspondientemente en la fragua, le da la forma requerida por medio de martillazos sobre el yunque y con otras herramientas. Si la obra es tan pequeña y ligera que el herrero puede manejar sus fuelles manteniendo el hierro en la mano izquierda, mientras golpea sobre él con un martillo de mano en la derecha, se dice que él trabaja de *solo una mano*, ó que es *trabajo de una mano*; pero generalmente el herrero tiene un ayudante, llamado *majador*, que mueve los fuelles y despues golpea sobre el hierro encendido tan pronto como

este está sobre el yunque, con un gran martillo ó macho que se agarra con las dos manos y á propósito para voltearlo en el aire, ó revolverlo sobre la cabeza para que los golpes ó martillazos sean muy fuertes. El herrero mientras gira la pieza en las posiciones correspondientes para recibir el golpe, ayuda con su martillo de mano, y marca el tiempo ó regula la sucesion de los golpes, y en ocasiones marca al ayudante dónde quiere se dé un golpe particular. Así se continúa hasta que el hierro se pone tan frio que los martillazos causan ya poco efecto en él, y entonces se vuelve á la fragua para calentarlo de nuevo. Cada vez que se calienta el hierro se dice que tiene una *calda*, ó segun se expresan los del oficio un *calenton*, y así los herreros dicen que pueden hacer una obra pequeña con un determinado número de calentones, ó á los dos ó tres calentones. Cuando la obra es grande se aviva el fuego con el viento ó soplo de dos fuelles; y en este caso un solo yunque puede no bastar, necesitándose dos ó tres individuos que golpeen ó majen en una sucesion regular, siendo preciso una exacta division de tiempo para que no se dañen unos á otros, así como á las herramientas que usan. El yunque de herrero tiene un perno ó pezon redondo ó cuadrado para sobre este redondear ó encorvar las piezas, y un agujero cuadrado al extremo opuesto para poner encima el hierro y horadarlo, y para colocar el mango de las herramientas llamadas *estampas* ó *embutideras*, porque si una pieza se ha de redondear ó ha de llevar molduras, esto se ejecuta colocándola entre un macho y una hembra. Estas herramientas son de acero, y constan de dos piezas cóncavas que llevan la forma que se ha de dar al hierro. El cabo de la hembra se introduce en el agujero del yunque; se coloca el hierro caliente sobre ella, y el macho, que se mantiene por un mango largo, se pone por encima, y sobre él se golpea con el mazo hasta que el hierro toma la forma conveniente. Las barras largas se cortan con dos herramientas de filo, una de las cuales es un sobrepuesto inferior, y el filo del superior, colocado directamente sobre este, la barra queda entre ellos y es cortada al momento. Los agujeros se hacen pronto con punzones ligeramente aguzados de varios tamaños, y el otro extremo romo. Se pone el hierro caliente sobre el agujero del yunque; se sujeta el punzon por el mango colocándolo por encima de dicho agujero, y con unos pocos golpes del mazo basta para taladrarlo ó agujerearlo. Los *grandidores* son generalmente unas piezas cilíndricas que se introducen en los agujeros ya abiertos para agrandarlos sin quitar hierro, hacerlos perfectamente redondos y de determinado tamaño; lo que es casi preciso cuando los agujeros se han hecho para convertirlos en muescas ó tuercas: tambien se hacen los grandidores cuadrados y de varias figuras.

137. Una de las mas frecuentes operaciones de los herreros es la de pegar piezas de hierro, lo que técnicamente se llama ensamblar ó *juntar de patilla* sin soldadura. La facilidad con que esto se hace dá mucho valor al hierro ya formado, y produce ventajas de consideracion en muchas de las obras del ingeniero; porque cuando el largo de los grandes pernos para fijar las piezas de máquinas no puede determinarse exactamente, el perno termina en ambos extremos en dos piezas que pueden ser unidas ó soldadas, cuando la máquina se haya fijado de modo que quede determinado el largo preciso de la pieza. Las cabezas de los pernos quedan formadas con un collar ó hierro cuadrado, que se pega á su extremo con una sola calda ó calenton; pero las cabezas de los pernos pequeños, pueden formarse por una especie de remache, para cuyo efecto la pieza se coloca en un agujero cuadrado ó cilíndrico sobre un trozo de hierro llamado media caña. El agujero puede con preferencia hacerse muy pequeño para admitir el hierro caliente que se impele en el agujero ó media caña con un martillo, y de este modo adquiere una verdadera figura cuadrada ó cilíndrica; y si se ajusta bien á su tamaño, puede formársele una cabeza por la accion del martillo. El hierro se contrae conforme se enfria, y puede sacarse fácilmente de la media caña, aunque haya sido introducido con mucha fuerza mientras estaba caliente. La media caña es una herramienta compañera del grandidor, destinándose la una para dar un determinado tamaño al perno, y la otra al agujero, por medio del cual ha de pasar el perno acabado en tornillo ó de otro modo; y como en las grandes máquinas se emplean pernos con tornillos y tuercas, el debido ajuste de estas herramientas ahorra despues mucho trabajo.

138. Otra operacion comun del herrero es el doblar ó duplicar, y unir, juntar ó liar el hierro como se dijo antes, pero en mas pequeña cantidad. Cuando se desea una barra de mas fuerza que la general, es mucho mas seguro unir ó soldar varias barras que el sacar una sola del mismo tamaño; tanto mas, cuanto que el hierro en grandes piezas es rara vez tan bueno y está tan bien trabajado en toda su extension como las barras pequeñas; porque todo hierro bueno se hace mejor y mas fuerte martillándolo mu-

cho en el estado candente; y el martillo, á no ser muy pesado, no puede producir un efecto que se sienta tanto en el espesor de una barra grande como en el de una pequeña. Por esto, en vez de usar una barra sencilla de 3 pulgadas en cuadro, será mejor unir ó soldar nueve barras de á pulgada para formar una de aquel tamaño; y del mismo modo una barra de 2 pulgadas puede formarse de cuatro barras de á pulgada reunidas. Todas las tuercas para los tornillos de pernos que estan sujetos á grande fuerza, pueden formarse de este modo, tomando hierro del ancho correspondiente, pero de la mitad ó del tercio del espesor requerido y doblándolo ó triplicándolo, usándose para el efecto de la soldadura de modo que todas formen una sola del grueso pedido. Lo que solo hay que evitar al unir el hierro, es la imperfecta junta ó reunion de las partes, nacida de falta de suficiente calor ó de la presencia del óxido sobre las superficies que se han de ajustar, lo que muchas veces puede oponerse á la union y resultar lo que se llama *union falsa*. Este defecto puede existir sin notarse en lo exterior, y es la causa de que muchos fustes, ejes y otras partes de las máquinas se rompan; pero es defecto que rara vez ocurre en el taller de un buen y experimentado herrero, y siempre se evita poniendo en contacto superficies nuevas y limpias, y rociándolas con arena seca despues de muy caldeadas; la arena se funde y vitrifica con el calor, y así protege la superficie del hierro de la oxidacion, formando una ligera cubierta de cristal sobre aquella, que salta al juntar las barras á los pocos martillazos.

139. El unir de tope es una operacion que se ejecuta siempre en los extremos de las barras que han de unirse; consiste únicamente en enrojecer aquellos é impelerlos ó *recalcarlos* en la direccion longitudinal de la barra contra el asiento del yunque ó contra un trozo de hierro colocado fijo en el suelo para que resulten los extremos mas gruesos que el resto de la barra, porque al juntar estos hay que batirlos para que se forme la union; por consiguiente, la parte de la barra en que aquella se verifica tendria menos diámetro que el resto de ella si la reduccion no estuviese prevenida anteriormente, haciendo las partes que han de juntarse tanto mayores, cuanto es preciso que el martillo las reduzca para que queden en las primeras dimensiones. La junta queda concluida así entre dos moldeadores; y si se hace bien no puede ser perceptible. El gran punto á que hay que atender para formar la union perfecta es el calor correcto, ó su punto ó grado, lo que enseña solo la experiencia. Como regla general puede sentarse que el calor no será demasiado con tal que el hierro no llegue á arder ó disminuirse. El quemarse es realmente convertirlo en óxido, porque el hierro se calienta demasiado, se oxida muy brevemente, y despues casi flúido arde con el mas hermoso chisporroteo, y sus cualidades se destruyen. Debe cuidarse mucho de evitar este exceso de calor, y el herrero puede llevar el temple al grado de calor que exija la pieza con seguridad.

140. El combustible en la frágua del herrero es de la mayor importancia, porque el mejor hierro puede perder sus buenas cualidades y convertirse en intrabajable por un fuego dañoso hecho de carbon que contenga azufre, arsénico, plomo ú otros minerales que puedan combinarse con el hierro á un alto grado de calor: una corta cantidad de plomo en el combustible de la fragua puede empeorar prontamente el mejor hierro caldeado, ó en el lenguaje del herrero, *debilitado en el fuego*, tanto que ni será bueno para nada, ni podrá resistir los golpes del martillo sin hacerse pedazos. El carbon de leña es el mejor combustible para el hierro, porque nada contiene aquel que pueda dañar á este; pero es incómodo para los no acostumbrados á manejarlo, y esparce muchas chispas que hacen desagradable su uso ademas de quemarse muy pronto ó *pasarse*, exigiendo reponerlo constantemente para mantener el fuego. Algunas variedades de carbon de mina ó de piedra son excelentes para las fraguas; de ellas el Janfieldmoore de Northumberland en Inglaterra es un ejemplo: es pequeño y malo para los usos domésticos; pero tan completo en la frágua, que es sumamente buscado aun por los herreros de Lóndres y de otros puntos distantes.

141. Toda obra hecha por el herrero se dice que está forjada, y la entrega negra ó sin pulimentar segun sale del fuego; de aquí el nombre que dán los ingleses á los herreros (*black smith*), forjador de negro. Del herrero pasa la obra al cerrajero que no emplea el fuego en nada, y solo lima, pule y acaba las piezas para el uso. La perfeccion del herrero consiste en forjar la pieza de modo que se aproxime lo mas posible á la forma y dimensiones que ha de tener, y tanto que al cerrajero le quede únicamente el limar ó remover de otro modo cualquiera la superficie negra exterior. Muchas veces un mismo hombre hace ambas operaciones; pero en las fábricas, en que se adelanta mucho por la division del trabajo, es mas ventajoso que esten separados estos dos oficios.

142. El cerrajero trabaja delante de un tornillo fuerte que mantiene agarrado firmemente y sin movimiento la pieza mientras que está debajo de sus manos: sus herramientas son corta-hierros, sierras, limas, máquinas para hacer agujeros en los metales, alegradores ó escareadores, y aparato para cortar y hacer tornillos y tornear. Los corta-hierros ó corta-frios se hacen enteramente de acero, y se usan é impelen con un martillo de mano. Se aplican como la sierra para cortar porcion de hierro con mas facilidad que con la lima; su nombre viene de usarse para cortar en frio hierro y otros metales en vez de calentarlos antes en la fragua. Las limas bastas y pesadas sirven para trabajar el hierro hasta que queda próximo á tener la forma y tamaño requerido, y despues se emplean las limas finas y bruñidores que comen, separan ó gastan menos metal y dejan la superficie suficientemente lisa. Cualquiera agujero no abierto por el herrero, ó que sea demasiado pequeño para sus fines, se hace con taladros de acero fijados para el uso en una fuerte pieza de hierro llamada berbiquí, teniendo en uno de sus extremos el taladro, y el otro comprimido por una palanca y peso para obligar al taladro á introducirse en la pieza agarrada y fija en el tornillo, mientras el berbiquí y taladro dan vueltas movidos con la mano, y en ocasiones por alguna máquina. Los escareadores ó alegradores son herramientas largas de acero duro, ligeramente aguzados con caras angulares, y sirven para agrandar agujeros redondos formados por el taladro ó punzon, y para darles una superficie reluciente. Se colocan en la misma posicion que el taladro en el berbiquí y se usan del mismo modo. Los tornillos se forman con herramientas á propósito, y para obras de extension se usa del macho, de la terraja, de dados y de un tronco ó marco, y para las pequeñas, de machos y una terraja. El macho en ambos casos es una varilla pequeña circular del mejor acero, con una cabeza cuadrada que se hace girar, aplicándola un bandeador ó pieza que sirve para dar vuelta y hacer andar los tornillos ó tornillo de arranque, nombres aplicados á estas herramientas, con las que en las fábricas ó en las máquinas se tornillan las tuercas de cabeza cuadrada ó tornillos que piden mucha fuerza. El macho se hace ligeramente cónico y aguzado hácia su punta, y un buen tornillo ó rosca se corta sobre su superficie, y la punta hasta cierta distancia se lima de modo que esta parte del macho llegue á ser cuadrada y con tornillo ó rosca solo en sus cuatro ángulos. Se fortalece entonces y templa del modo que se dirá al tratar del

acero, con lo que queda útil para el uso. Como su punta es ligeramente cónica, se introduce en el sitio en que ha de colocarse un tornillo hembra ó tuerca, y dándole vueltas con el bandeador mientras aquella se mantiene firme en la prensa, torno ó tornillo, los ángulos afilados cortarán el metal dentro del taladro préviamente hecho, y resultará una rosca cóncava exactamente acorde con la formada sobre el macho, que puede obligarse dentro del agujero á mayor ó menor extension segun el mayor ó menor diámetro de la tuerca. Las terrajas de dados son dos trozos pequeños de acero ajustados de modo, que se resbalen estrechamente unidos al mismo tiempo ó separados y á corta distancia, en un marco de hierro con dos agarraderos pequeños llamados los mangos. Los trozos de acero ó dados se unen por un tornillo que atraviesa de un lado del mango, y los dos lados que estan de frente uno á otro se liman para que formen un agujero casi circular en el interior, del que se forma una tuerca por el macho ya descrito, de tal modo, que la impresion de la mitad del tornillo está en un trozo y el otro en el opuesto, corriendo unos dientes á lo largo del tornillo para que resulten cortes afilados. El perno que debe formarse estando antes forjado en forma de cilindro, se pone verticalmente en el tornillo, y la parte en que este debe cortarse queda colocada entre los dados, se comprime sobre el tornillo formado, y se hace que agarre apretadamente: en este estado se dá vueltas al trozo por medio de los mangos largos, con lo que resulta en el perno un tornillo. En el procedimiento precedente, el dado movible se impulsa hácia adelante por su tornillo ó llave hasta que el tornillo esté acabado ó su corte tan hondo como se quiere. Los tornillos, segun su tamaño, exigen un macho y un par de terrajas á propósito; pero todos llenan el mismo trozo, de suerte que estas herramientas se hacen siempre por juegos, y es uno de los útiles costosos del cerrajero. Los tornillos pequeños no tienen suficiente profundidad en sus cortes para necesitar dados ó terrajas movibles, y por consiguiente se cortan por un tornillo que es una palanca delgada de acero de temple muy subido, conteniendo un número de agujeros de diferentes diámetros, y en cada uno de los cuales se ha cortado previamente una rosca, de modo que cualquier cilindro que pase ajustadamente por alguno de los agujeros pueda convertirse en un tornillo con solo dar vueltas á la plancha: los machos sirven en estas para el mismo objeto que en las anteriores. Como en la construccion de las máquinas se ofrecen un número inmenso de torni-

llos y tuercas, su formacion se ajusta por piezas en vez de asignar un jornal. Los herreros forjan tornillos y tuercas del mismo grueso y largo á un determinado precio por ciento ó por docena, y los cerrajeros los ajustan del mismo modo y bajo las condiciones de costumbre de que cada perno que tenga una cantidad estipulada de tornillo, deba trabajarse entre los dados hasta que los filos esten aguzados y suaves en vez de ásperos como lo son al principio, y que cada tuerca quede franca, esto es, que el tornillo gire bien en ella sin violencia. Un anillo plano de hierro debe ponerse en los pernos debajo de la tuerca, no solo como adorno, sino tambien para que se introduzca y agarre con mayor firmeza. Formar roscas en los extremos de los pernos y en las tuercas se llama constantemente abrir ó formar aquellos, cuando se hace con las herramientas ya descritas, y es tan sencillo, queriendo mas bien fuerza que maña, que el cerrajero lo encarga á uno de los operarios. Los mejores tornillos y mas bien trabajados que se usan para la reunion ó ajuste, en vez de salir hechos de las máquinas, resultan generalmente formándolos en el torno con una herramienta llamada peine.

143. La última herramienta de que resta dar noticia es el torno, que es de la mayor importancia al ingeniero ó mecánico: sin él la perfeccion que la maquinaria ha tenido no se hubiera nunca logrado, porque da los únicos medios al mecánico para hacer los materiales perfectamente redondos ó lisos. En esta máquina debe procurarse gire con facilidad la parte superior en un eje generalmente en la posicion horizontal, y la herramienta sostenida en lo que se llama *soporte*, de tal modo que pueda permanecer perfectamente firme ó acercarse ó alejarse del eje de movimiento, ó moverse en la direccion de su longitud. Cada parte de la pieza que ha de tornearse debe por consiguiente tener un exacto movimiento circular al rededor del centro de su eje, y la herramienta solo puede obrar ó quitar aquellas partes que se proyectan mas allá del círculo, cuyo radio está determinado por la posicion de la herramienta. Quitadas dichas partes, la pieza quedará completamente circular, y continuando en adelantar la herramienta hácia dentro del eje de la pieza, el diámetro de esta se disminuirá segun se desee. Esferas, cilindros, conos, esferóides y otras cualesquiera figuras de volúmenes que tienen el círculo por base, pueden por consiguiente hacerse con la mayor exactitud con este útil instrumento. Si el torno es tan fuerte que resiste la vibra-

cion ó movimiento trémulo, y tiene lo que se llama un apoyo de tornillo, en el cual la herramienta cortante esté en una prensa fija y solo se mueva por la accion de los tornillos finos, se podrá labrar con precision matemática. Por estos medios Mr. Barton en Lóndres, llegó á disminuir una rueda de acero de 2 pulgadas de diámetro en $\frac{22}{1000}$ de pulgada, usando de un diamante en vez de herramienta cortante. Unicamente con estas herramientas se pueden hacer los émbolos de las máquinas de vapor que requieren ser exactamente cilíndricas, y otras muchas partes de las máquinas que exigen mucha precision. El torno, no solo sirve para obras de hierro, sino que se emplea tambien para el hierro colado, bronce, madera y otra cualquiera cosa que pueda cortarse en forma regular por esta operacion que se llama *tornear*, aunque varíen sus dimensiones, por tornos capaces de aguantar piezas de todos pesos hasta las pequeñas en que se ocupa el relojero para sus delicadas ruedas y ejes. El modo de comunicar el movimiento á la obra varía segun su fuerza y magnitud; así el constructor de grandes máquinas de vapor mueve sus tornos con ruedas hidráulicas ó por medio de aquel, mientras que para los de objetos pequeños basta la fuerza del hombre ó la de un caballo &c. Por lo regular los tornos para objetos comunes se mueven por solo el empuje del pie del trabajador ó tornero sobre una tabla, y el relojero mueve la pieza que tornea con una sola cerda de caballo estirada por un arco ligero de caña que mueve con la mano izquierda, mientras que en la derecha tiene la herramienta cortante. La velocidad de los tornos debe variar mucho segun los materiales á que se destinan; pues, por ejemplo, para el hierro colado se necesita que el movimiento sea muy pausado, mientras que para el hierro y el acero debe ser mas rápido; el bronce requiere una gran velocidad, y para la madera el movimiento ha de ser mas moderado. No solo se emplean los tornos para tornear, sino tambien para taladrar ó hacer agujeros, para ahuecar cilindros y otros útiles objetos. El diámetro de las piezas mientras se trabajan en el torno, se mide con un compás de puntas curvas (compás de calibres), y si este tiene piernas rectas de una pieza, y las curvas se proyectan mas allá de la junta ó centro, como los llamados de *todos* y *mitades* ó *compases de proporcion*, pero del mismo radio que las puntas de las curvas, entonces estos compases se llaman compases de tornero. Cada dos puntos estarán á igual distancia de la abertura; por lo tanto con este instrumento puede hacerse un cilindro hueco en

que pueda introducirse y ajustarse otro convexo sin el trabajo de examinarlos y compararlos.

144. El soldar es una operacion empleada con frecuencia por los que trabajan metales con el fin de unirlos firmemente entre sí, bien sean de una misma clase ó distintos, de modo que solo se les pueda volver á separar rompiéndolos ó exponiéndolos á un grado igual de calor al con que se les unió. La operacion se funda en el principio de que los diferentes metales necesitan distintos grados de calor para su fusion, y en la liga de metales que se funden mejor así que aislados; de modo que una soldadura debe ser en todo caso mas fusible que el metal á que ha de aplicarse, y tambien usando la soldadura con un flujo que promueva la fusion de ambos; semejante incorporacion tiene lugar y une ambos metales firmemente. Las soldaduras se dividen en dos clases llamadas *blanda* y *dura*: bajo la primera se comprende la que puede aplicarse antes de obtener el calor rojo visible; y la segunda cuando tanto los metales que se han de unir como la soldadura se han de enrojecer antes que la union se verifique. Por esto cada junta que tiene que aguantar un gran calor debe soldarse en firme ó duro, y en blando ó flojo únicamente en aquellos casos en que el calor no ha de subir á mas de 550°. A veces el estaño y el plomo mezclados en una pequeña cantidad de plata ó cobre constituyen el material de la soldadura floja; pero la dura se compone del bronce muy amarillo, conteniendo un exceso de zinc reducido al estado granugiento para aplicarlo; y entonces se llama soldadura de bronce. El flujo usado con la soldadura floja son los polvos de trementina para el estaño, cobre y hierro; el sebo para el plomo, y el muriato de amoniaco disuelto en agua para el bronce. Para la soldadura fuerte del bronce y hierro colado, el muriato de amoniaco se usa con frecuencia; pero la sal llamada de borax (biborato de soda), es el ingrediente que con mas frecuencia se emplea, y es el solo que responde perfectamente para la soldadura fuerte del hierro, acero y cobre. Como esta, se usa por lo regular para el bronce, llamándola por este motivo, y con mas frecuencia soldadura de bronce, que soldadura simplemente, cuyo último término se aplica siempre á todas las soldaduras blandas ó suaves. De la primera clase son casi todas las que tiene que hacer el cerrajero, para lo cual las partes de hierro que han de juntarse se disponen de modo que ajusten bien entre sí, y si es necesario se enlazan y aseguran recíprocamente por pequeños alambres delgados, llamados fajas. La soldadura en polvo y el borax se aplican sobre la junta de que se trata, y la operacion se hace con tenazas en la llama del carbon de piedra en una fragua pequeña á propósito; el fuego se aviva con los fuelles, y el encargado cuida de que la operacion no sea muy detenida, y tan luego como se llega al color rojo el borax y el zinc se fundirán y se introducirán en la junta que se separará al instante del fuego, y en cuanto esté fria se quitan las cintas ó fajas de alambre, y se liman las desigualdades ó protuberancias.

145. Las várias operaciones á que está sujeto el hierro para darle las diferentes formas, quedan expresadas en lo arriba descrito, omitiendo nuevos detalles, interesantes solo á los trabajadores y no al ingeniero. Seguramente que podria haberse hecho la descripcion menos extensamente, porque solo es esencial á aquel no desconocer su existencia, y porque podria referirse á otros capítulos mas adelante de esta obra; pero se prefiere describir el todo de ello de una vez en este lugar, á separar lo que haya de decirse entonces. En fin, el hierro trabajado, oscuro ó claro, siempre se vende y aprecia por el peso.

Del hierro colado.

146. En razon de su dureza, fuerza, duracion y poca tendencia á oxidarse, su resistencia al frio y calor, y la facilidad con que se le dá cualquiera forma á poca costa, es el material mas apreciable é importante que puede un ingeniero emplear.

Se ha hablado ya de la primera produccion ó reduccion (como se dice de separar el hierro de su mineral) y del metal que resulta, el cual por ser muy duro, viscoso é incapaz de liquidarse y correr libremente no sirve para la fundicion de hierro. El hierro en su primer estado de fundicion se llama, como ya se ha dicho, *crudo* ó *vaciado*, porque no se ha refinado; pero queda á propósito para la fragua ó herrería, en donde se convierte en barras, á lo que se adapta bien, como que ya contiene muy poco carbon. Entonces para hierro colado ó fundido, como se dice, llega á ser bueno y suave á proporcion que recibe mayor carga de carbon; de consiguiente, un procedimiento enteramente opuesto debe usarse para obtener este hierro y barras de él, ó el uno en que debe aumentarse el carbon, mientras al otro se le priva de él. De aquí, en vez de derretir el hierro forjado en una fragua donde quede

expuesto solo al aire y al calor sin contacto con el combustible, como se hace para las barras, debe derretirse para fundirlo estrechamente unido con el combustible, y con tan poca exposicion al aire como se pueda, y por consiguiente sufre este derretimiento en el que absorbe una cantidad adicional de carbon, despues de lo cual se apila para convertirlo en lingotes fundidos. El nombre de lingote de hierro, se dá generalmente en todos los paises, á aquellas barras rectas de 4 piés de largo, en que se vende el hierro para colarlo ó fundirlo. El hierro recien salido del horno cae en un camellon ó conducto cuyo fondo es de arena, del cual salen por uno de sus lados un número de conductos semejantes formando ángulos rectos con aquel, y á la distancia de 3 á 4 pulgadas unos de otros, todos exactamente nivelados, y abiertos ó comunicándose con el referido camellon, de modo que cuando este conducto principal se llena de líquido de hierro, los demas se llenan tambien, y la cantidad de hierro así fundida se asemeja á un inmenso peine con dientes toscos. Estos se parten por el punto en donde estan adheridos al conducto trasversal y quedan convertidos en lo que llaman los ingleses *lechones de hierro* (pigs of iron), lingotes de hierro ó gitros, mientras la pieza trasversal, que siempre es mas ancha y mas irregular que las otras, se llama *puerca* (*). Los lingotes y la puerca siempre se venden juntos; pero la segunda con frecuencia contiene impurezas del hornillo, por lo que no es tan estimada como los lingotes.

147. Se mira como un principio general que de la primera reduccion del mineral de hierro sale este crudo ó forjado; pero hay excepciones nacidas de la calidad del mineral, naturaleza del combustible y manejo en el horno; por lo que resultan lingotes fundidos de buena calidad en la primera operacion, y así se ahorra la pérdida de tiempo y combustible que exige una segunda operacion.

148. El fundido de hierro es un ramo distinto de la ocupacion del herrero y cerrajero, y corresponde al fundidor que ejerce su oficio en una fragua llamada *ferrería ó fundicion;* y es hoy tan universalmente conocida la utilidad del hierro fundido, que pocos pueblos de consideracion dejan de tener fundicion. Rara vez está desempeñada personalmente por los ingenieros civiles; así pues, no se especificará la direccion del establecimiento; pero debe no

(*) Véase en el apéndice la fig. 169.

obstante, conocer las operaciones para el fundido y el modo de hacer los moldes; porque constantemente tendrá que entenderse con las ferrerías y hacer en ellas encargos, y si no tuviese aquellos conocimientos muchas veces haria gastos de consideracion para preparar plantillas ó modelos inútiles, ó exigiria artículos que no podrian ejecutarse: la explicacion que sigue podrá servir para alejar ambos inconvenientes.

149. Para evitar el gasto de trasporte y derretir ó fundir de nuevo grandes cantidades de hierro, se hacen frecuentemente en los trabajos de este grandes fundiciones, cerca del sitio ó mina de que se saca aquel metal. En este caso se está cuando las fundiciones son para puentes grandes de hierro ó ferro-carriles. Pero estos negocios no se entorpecen con órdenes ó pedidos reducidos que consecuentemente tocan al fundidor, quien por lo general no es un productor, sino que compra los lingotes en el mercado, en el que varían de precio segun los pedidos y circunstancias. El fundidor por consiguiente trabaja con lingotes nuevos ó con hierro viejo, que compra á la mitad de precio del nuevo, y generalmente los mezcla.

150. Los lingotes se distinguen en el mercado por los números 1, 2 y 3. El número 1, que tambien se llama hierro fundido blando gris, es la mejor calidad; el 2 es la clase media, y el 3 es duro blanco y poco mejor que el forjado. El fundidor conoce á qué número pertenece cada clase, principalmente por la apariencia de la fractura, por su sonido, y viendo si se mella, cede ó rompe á los golpes del martillo. Para reconocer los lingotes se pone uno en el suelo, y sobre este van arrojándose trasversalmente los que se han de examinar, y por la mayor ó menor facilidad con que se rompen, puede muy bien juzgarse de la fuerza ó tenacidad del hierro. El sonido del golpe puede al mismo tiempo servir de guia, porque el hierro mejor apenas dá sonido alguno, excepto el del golpe; cae sorda y pesadamente sobre el trozo como una barra de plomo, y su fractura es de grano escabroso, con poco lustre, muy semejante al grano tosco del lapiz plomo. Un lingote del número 3, por el contrario, siendo muy quebradizo, se rompe con un golpe pequeño, se separa del trozo haciendo un ruido metálico y sonoro, y su fractura tiene la blancura de la plata con lustre fuerte metálico, y poca ó ninguna apariencia granosa. El número 2 es un medio entre ambos, y sin mucho lustre. La forma del lingote debe mirarse entre las otras cualidades para elegir el

hierro, porque si la superficie superior es limpia y suave, y la cara inferior tiene bien impresas todas las pequeñas desigualdades de la arena en que se ha fundido, es una prueba de que el hierro es *franco*, como se dice; esto es, que correrá bien en el molde cuando se funda; pero si estas impresiones son broncas, y si no se ha llenado todo el molde con el lingote, y lleva muchas escorias en su revés, denota ser hierro tardío, ó tan glutinoso que no puede fluir libremente. Estas variedades de hierro tienen sus precios proporcionados á la bondad de cada cual, y el valor del número 1 es por lo regular doble que el del número 3. Tienen sus ventajas segun las diferentes clases de obras á que se les destina; así, si una pieza de hierro fundido se ha de tornear ó limar, y se la han de hacer muchos taladros, y estos tal vez se hayan de ocupar con tornillos, debe fundirse del hierro mas puro ó del número 1. Si la pieza ya fundida no lleva mucha labor, sino que ha de usarse en cuanto salga del molde y requiere mucha fuerza, debe elegirse el número 2; y si la pieza tiene que dar ó recibir fuertes golpes, y sobre ella no han de hacerse trabajos como en una cabeza de hierro fundido ó yunque, ó en la maza del martinete de clavar estacas, en calza ó pieza de hierro de una máquina de estampado, en tales casos el número 3 es el mejor por su dureza. El ingeniero, conociendo estas cualidades, puede pedir las fundiciones del metal que él conoce convenir mejor á su objeto, mientras que el fundidor solo emplea el que mejor corresponde á su reputacion, y cargará la cuenta conforme á su calidad y dificultad de ejecutar la obra.

151. Las variedades de lingotes descritas parece adquieren su calidad por la cantidad de carbon con que se han combinado al tiempo de su formacion: así el número 1 contiene la mayor cantidad, y tanto que un carbonato artificial de hierro parecido al lapiz plomo se vé frecuentemente flotar en la superficie del lingote, mientras el metal se escurre del horno y vá cayendo en el molde de aquel despues de frio: esta sustancia queda en pequeños y muy resplandecientes cristales, que se hallan en las cavidades, en la superficie y en los intersticios en el interior del lingote, y se llaman por los fundidores *besos*. El fundidor experimentado no necesita de otra prueba para quedar satisfecho de la bondad y docilidad del hierro número 1, que el que rompa con una fractura *besada*. El número 2 contiene menos carbon, y el número 3 es apenas, bajo de este concepto, distinto del hierro crudo ó forjado.

152. El fundidor emplea dos clases distintas de hornos para fundir el hierro, llamados *crasas* y *horno de aire ó airoso;* pero las ferrerías pequeñas por lo regular solo tienen una, ó lo mas dos crasas. En una de estas solo se pueden fundir de 112 á 120 libras de metal en cada vez. Durante el todo de esta operacion se requiere que el fuego se avive por dos fuelles grandes y poderosos, ú otras máquinas de viento, mientras que en el horno de aire no debe fundirse menos de una tonelada de hierro, y es de magnitud bastante para derretir de 5 á 7 toneladas á la vez, sin necesidad de fuelles ó máquinas, sino que obra por una corriente natural de aire que se introduce por una chimenea alta. Ademas, como el combustible que se consume en la crasa es coal ó carbon vegetal, y necesita la potencia de dos hombres, ó su equivalente en máquina, para manejar los fuelles, y en el horno de aire se invierte carbon mineral ó de piedra, pero muy bien escogido y libre de azufre, es por consiguiente este mucho mas económico, y dá al fundidor que tiene trabajo bastante para mantener siempre en accion el horno, una decidida ventaja respecto á la ganancia.

153. El peso de toda pieza fundida de gran tamaño se calcula antes de derretido el metal, y se añade en el horno un 15 ó 20 por 100 mas de la cantidad requerida para el efecto, porque si una gran fundicion se inutiliza por falta de metal suficiente para llenar el molde, sería muy considerable la pérdida de combustible y trabajo; por esto se tienen siempre prontos un número suficiente de moldes pequeños para emplear la parte de fundicion de mas que pueda resultar. El método para hacer este cálculo se dará mas adelante.

154. Se distinguen entre los fundidores con cuatro nombres las diversas maneras de colar ó fundir el hierro, segun el molde con que está hecho. Tales son los de arena extendida (fundido en caja), arena verde, arena seca y fundicion de arcilla; y como hay diferentes grados de daño y riesgo, que les son peculiares, se aumenta generalmente el precio de ellos en el órden arriba mencionado, ademas del valor del hierro empleado en su formacion. Los moldes para todos ellos, á excepcion del último, se hacen con arena, pero esta tiene propiedades particulares, y es dificultoso el proporcionarla en algunos parajes, porque debe ser perfectamente homogénea y sus granos de igual tamaño, tanto como sea posible; debe contener suficiente materia gredosa arcillosa para poder conservar cualquiera forma particular que se la dé cuando esté lige-

ramente mezclada; no debe quemarse ó adquirir la consistencia del ladrillo por el calor del hierro fundido, ni ser tan apretada ni compacta que evite el escape del vapor, vaho ó aire rarefacto que se engendra rápidamente cuando el hierro fundido se echa en el molde; así una buena arena para molde es muy buscada por el fundidor, y se trasporta por su cuenta desde muchas millas.

155. La fundicion de arena extendida se adopta solo para las planchas ó barras, en las que no importa que una de las caras sea tosca ó desigual. Se hace extendiendo sobre el suelo de la ferrería una cantidad suficiente de arena de molde humedecida como corresponde para que tenga tenacidad, cerniéndola al mismo tiempo que se echa por una criba fina de alambre, y arreglando la superficie (si se trata de fundir planchas) de modo que quede perfectamente dura y horizontal, lo que se hace con una ligera maza llana de hierro con un mango largo y la repetida aplicacion de un nivel pequeño, como el que se ve en la figura 12, lámina 1ª, con el cual se requiere la superficie en todas direcciones: dispuesta esta firme y horizontal, se alisa y casi se pulimenta frotándola por encima con una llana pequeña, semejante en la forma á la que usan los albañiles. Hecho esto, se construyen los muros que deben contener el hierro y dar una forma particular á las planchas, segun haya de ser, cuadrada, circular ó de cualquiera otra forma; y para ello deben tenerse listones lisos de madera del mismo grueso que la plancha, y sus bordes del mismo contorno que ella; ó los mismos moldes ó adornos se ponen sobre la superficie en posicion ajustada con los bordes de la plancha; alguna arena exterior se recoge con la mano, se comprime contra estas tiras y se apisona fuertemente con un pison; despues toda la arena supérflua se separa pasando una llana sobre el tope de los listones en la direccion horizontal; en seguida se levantan estos y queda una representacion socavada de la plancha en la arena. Si se quiere que la cara de la plancha tenga letras, nombres ó adornos en relieve, deben entonces estamparse ó colocarse en la superficie lisa de la arena, y el molde estará dispuesto para recibir el metal.

156. Los moldeadores, y los encargados del horno ó fundidores, son dos oficios distintos en una ferrería, y mientras los primeros se ocupan de sus moldes, los segundos estan empleados en derretir ó fundir el metal, que tan luego como se halle en estado de vaciarse, el fundidor avisa al moldeador, que está pronto á *horadar;* esto es, á abrir con una barra de hierro y un martillo pequeño un agujero hecho á propósito en el fondo del horno, el cual mientras la fundicion ha estado tapado con arcilla y arena, que se pone sumamente dura con el calor del metal encerrado. Abierto este agujero, toda la carga de hierro ya fundido sale por él y cae en un cuenco grande de hierro embarrado con arcilla, llamado *asta*, que el moldeador colocará anticipadamente delante de la abertura para recibir el hierro. El asta tiene un mango al frente y una horquilla ó mango doble detrás; de modo que puede llevarse por dos ó tres hombres segun su peso el metal derretido á los moldes que se llenan; y como los moldeadores deben tener la precaucion de conservar un número proporcionado de moldes pequeños ya preparados, en caso de quedar algun sobrante, el asta se lleva de unos á otros, y no se desperdicia ni una sola onza de metal fundido. Esta precaucion es necesaria para asegurar el provecho de la ferrería, cuyo principal gasto es el del combustible, y si queda metal en el asta puede volverse ó echarse en el suelo para volverlo á fundir con cierta pérdida que tiene el hierro en cada fusion, porque una parte de él se convierte en óxido inútil.

157. Volviendo á la plancha formada con moldes de arena extendida, solo hay que llenarlo de metal fundido para completar la operacion. Si el molde no se llena del todo, la plancha saldrá mas delgada que lo marcado; pero nunca puede resultar mas gruesa, porque las paredes tienen la altura requerida con los listones de que estan formadas, cuya altura es igual al grueso que ha de tener la plancha; por consiguiente si se echa mucho metal en el molde rebosará por encima de las paredes y se desperdiciará. Si el fondo se ha dispuesto bien horizontal, se está seguro que las dos caras de la plancha serán paralelas, porque la superficie del flúido superior estará de nivel. En el momento que el hierro se asienta ó se pone duro, se le echa por encima con una pala, una capa de arena seca de 3 á 4 pulgadas de grueso, para prevenir la exposicion al aire ó repentino enfriamiento que puede alabear ó encorvar la plancha, y tal vez rajarla. Es una materia de importancia en toda fundicion reciente el prevenir enfriamientos parciales, y la contraccion irregular que á estos se sigue. Todos los metales se dilatan con el calor y se contraen al enfriarse; el hierro en el estado de derretido ó fundido está en el mayor grado de expansion, pero siguiéndose la contraccion rápidamente, como el metal en contacto con el molde se enfria y asienta con prontitud, esta contraccion tiene lugar en aquella parte, mientras la superior del metal puede estar flúida y

muy dilatada. Así, pues, el cubrir la parte superior de la pieza fundida con la arena, pone aquella en igual estado ó circunstancias que la del fondo, y como la arena es muy mal conductor del calórico habrá un enfriamiento mas igual y graduado, de que se seguirá tambien una contraccion mas uniforme.

158. La fundicion de arena extendida no se limita á solo las planchas paralelas, sino que se aplica á todos los volúmenes ó sólidos cuya superficie superior plana quede en una posicion horizontal. Así las barras de las parrillas del fogon de las calderas de las máquinas de los vapores, y otras fornallas que no requieren hermosura ni perfeccion de trabajo, se hacen por lo tanto en arena extendida; mas para esto es necesario formar lo que se llama el molde ó plantilla por el facsimile de lo que se trata de ejecutar. Esta se hace de madera en vez de hierro y sirve para imprimirla en la arena, y la impresion ó cavidad que resulta, ha de ser ocupada por el hierro flúido ó fundido, luego que se quita el modelo ó plantilla. Por consiguiente esta se hunde ó entierra en la arena, la que se reune y comprime fuertemente á su alrededor, teniendo cuidado de mantener la parte superior de la plancha perfectamente horizontal. Ya moldeado, se saca la plantilla de la arena con cuidado y suavemente en una direccion vertical, y sirve para otro molde ó impresion de otros muchos. Aun una pirámide de cuatro ó cinco caras puede fundirse por el método de arena extendida, con tal que su cúspide se coloque hácia abajo, y por consiguiente hácia arriba su base, y colocándola de modo que una de sus caras quede hácia arriba en la posicion horizontal.

159. Las desventajas de las fundiciones de arena extendida son la facilidad de alabearse ó variar su forma plana, si aquellas son de mucha extension y no se pone gran cuidado para asegurar el enfriamiento lento é igual; y por la parte superior estará siempre llena de ampolletas, vegigas y porcion de escorias ú óxido que puede flotar en el metal y hacerlo tosco y deforme. La parte inferior próxima á la arena saldrá tan perfectamente fundida como la hecha de otro modo cualquiera; por lo tanto esta fundicion puede usarse solo para planchas de cubiertas ó armaduras de tejados, suelos de hogares, ó en posiciones en que queda á la vista una sola cara, ó para planchas dentro de paredes ó en sitios ocultos en que se requiera fuerza sin belleza. Las ventajas de esta clase de fundicion consisten en la facilidad y expedicion con que se ejecuta, de lo que resulta menor su precio que el de otra clase; y que en muchos casos no se necesita ninguna plantilla, bastando un ligero liston al rededor de la plancha, si esta ha de ser irregular, lo que se llama *caja;* ó el aro de un círculo con un radio de madera si se ha de hacer una plancha circular, lo que se llama *caja circular*. Las planchas cuadradas ó rectangulares no necesitan preparacion alguna, porque los bordes rectos se mantienen en toda fundicion.

160. Cuando todos los lados ó caras de la fundicion han de ser bellos y lisos, la parte superior del molde se cubre con arena así como las otras partes, y esto solo puede efectuarse haciendo el molde en una caja que se divida en dos ó mas partes, segun lo intrincado del cuerpo que ha de formarse, y estas cajas hacen parte de los enseres de cada fundicion, y se llaman *cajas de moldear*. Toda fundicion hecha de estas cajas requiere una plantilla, y si la caja se llena con la arena húmeda ordinaria de la fundicion, sin secarla ni otro preparativo, esta arena se llama *verde ó fresca*, y la fundicion obtenida se llama fundicion de caja, y algunas veces fundicion de caja en arena verde. Las cajas por lo general se hacen de tablas, especialmente para objetos accidentales; pero como la madera está expuesta á quemarse por el calor del hierro fundido, y en ocasiones á rajarse ó torcerse, todas las ferrerías tienen sus cajas de fundir de hierro colado, que son muy durables cuidándolas correspondientemente. Las cajas se hacen de varios tamaños y formas, conforme á los moldes que hayan de contener. La ventaja correspondiente á las cajas de hierro colado es que teniendo unas cuantas planchas costeras de varios largos sujetas en sus ángulos con pernos de tornillo y tuercas, un par de estas planchas pueden sustituirse con otras, con tal que los agujeros ó aberturas se correspondan; y así dos cajas pueden variar de forma correspondiente á la obra que haya de hacerse. La figura 13 representa un par de cajas estrechas y largas á propósito para tubos rectos de hierro fundido. Cada una se compone de cuatro planchas formando dos cajas *f*, *g*, enteramente de las mismas dimensiones sin cubierta ó fondo: para evitar que los lados mayores se encorven con la arena comprimida, son suficientes dos refuerzos *h*, *h*, que se colocan atravesando la parte alta de la caja superior *f*, y la mas baja de la *g*, quedando los dos lados que se tocan completamente abiertos. El borde bajo de la caja alta, y el alto de la baja, deben ser lisos y planos para que se ajusten perfectamente sin posibilidad de moverse una vez unidos. Su exacta posicion se mantiene por clavijas ó pernos de hierro fijos en los sobrepuestos *m*, *m*, llamados *orejas*, que pasan

por agujeros á otras orejas semejantes *l*, *l*, en el borde superior de la caja inferior. Otras orejas iguales y pernos se colocan en la parte opuesta de las cajas, de modo que la superior pueda separarse de la baja por sus mangos *i*, *i*, y volver á colocarse encima con la certeza de que quede bien ajustada en la misma posicion que tenia. Para verificar la fundicion se necesita una plantilla; y si se quiere hacer un tubo con redoblones ó regolas, ó planchas llanas circulares á sus extremos para colocar un perno con tornillo de union, la forma de la plantilla será tal como se ve en la figura 14. Las dos regolas *x*, *x*, tienen las dimensiones, forma y apariencia que las regolas reales ó efectivas tendrán luego de fundidas; pero el cuerpo del tubo *v*, *u*, es una pieza sólida de madera torneada, y el todo debe ser muy liso y pulimentado, porque la buena y suave apariencia del fundido depende siempre de la perfeccion y de lo bien acabado de la plantilla. Para moldear esta plantilla la caja de encima *f* se quita, y la inferior *g* se coloca en una posicion horizontal en el piso de la ferrería (siempre formado de arena de moldear), lo que constituye un buen fondo para ello. La caja baja se llena entonces de arena de moldear que se oprime dentro de ella con pisones chicos de hierro, hasta que se queda en la altura correspondiente á la plantilla en los dos bordes *x*, *x*, de las regolas, y á tal altura que la línea central *w*, *u*, *w*, de la plantilla corresponda con la parte superior de la caja, ó en otros términos, hasta que la mitad de la plantilla se hunda ó sumerja en la caja, y la otra mitad sobresalga del borde superior: la caja inferior se llena entonces al rás con su parte superior de arena húmeda, comprimida cuidadosamente al rededor de la plantilla, y hasta obtener una perfecta impresion de su mitad inferior en la arena de la caja baja. Hecho esto la parte superior de la arena se pone tan dura, horizontal y lisa como sea posible, por medio de la llana del fundidor. Despues se esparce una cantidad de arena perfectamente seca ó polvos finos de ladrillos de Flandes (nota 62) sobre la arena, lo que se llama *cisquear* ó separar la arena, teniendo por objeto evitar que la que ha de colocarse en la caja superior, se pegue ó se adhiera á la ya depositada en la inferior; entonces se coloca la caja superior sobre la inferior, como se vé en la figura, hecho lo cual se llena del mismo modo con arena de moldear bien apretada para obtener la impresion de la otra mitad ó parte superior de la plantilla. Antes de llenar la caja superior se colocan verticalmente dos palos redondos aguzados en la parte superior de la plantilla, y

se comprimen al rededor con arena, así como aquellas, y una vez llena la caja superior el moldeo queda formado completamente. Se hace con los dedos una cavidad en forma de embudo en la parte superior de la arena en rededor de uno de los mencionados palos redondos, y entonces se sacan de la arena dándoles vuelta y tirando de ellos al mismo tiempo, y por consiguiente quedan hechos dos hoyos que se corresponden y llegan á la plantilla. El que se ha hecho en forma de embudo se llama la puerta, y su objeto es que sirva de canal por donde vaya la fundicion al molde, y el otro se llama respiradero porque sirve para el escape del aire contenido en el molde cuando se introduce el hierro fundido, así como el vapor y gas que se forma tan luego como el hierro caliente toca la arena húmeda. Satisface tambien á otro importante punto, tal es el de advertir al moldeador *cuándo el hierro ha subido*, ó en otras palabras, *cuándo está lleno el molde* y no debe echarse mas; porque el hierro fundido no llegará al respiradero á buscar su nivel hasta que el molde no esté enteramente lleno. Acabado el moldeo como se ha dicho, sigue la operacion mas delicada y expuesta del moldeador; tal es el separar las dos cajas para remover la plantilla sin romper nada de la arena en que se ha formado la impresion. Para verificarlo así, un trabajador se coloca al frente de cada mango *i*, *i*, y los dos levantan verticalmente la tapa de la caja con la mayor pausa y cuidado; hecho esto la plantilla permanece unida al fondo; y en general una impresion correcta y perfecta de la mitad superior se hallará en la cubierta de la caja, que entonces está invertida ó colocada en una de sus caras sobre el piso, con el objeto de examinarla y repasarla si fuese necesario. Sucede frecuentemente que parte de la arena superior se pega ó adhiere á la plantilla; y cuando esto acontece es preciso separarla con cuidado y volverla á su lugar correspondiente en la parte superior de la caja, á la que se hace adherir por la presion de una llana pequeña, y así la impresion superior resulta tan lisa y perfecta como hacerse puede. Ya entonces se quita la plantilla del fondo de la caja, operacion generalmente fácil. Se aplica un poco de agua con un trapo mojado ó esponja húmeda todo al rededor de la plantilla para que la arena se compacte mas, y se clavan uno ó dos clavos en la parte superior de la plantilla que servirán de agarraderos para alzarla; se la golpea suavemente con un martillo para desunirla de la arena, y entonces habrá poca dificultad en separarla de su cama, suave y cuidadosamente sin romper

ni trastornar mucho la arena; pero si algo de esto sucede, siempre se repara y deja lisa, y ya la caja superior se vuelve á su primer lugar sobre la inferior, quedando una representacion cóncava y perfecta para recibir el metal.

161. Si este se echa dentro del molde, evidentemente resultará una masa sólida de la misma forma que la plantilla, pero no hueca, porque el hueco ó cavidad no está dispuesto para ello. Es imposible en los mas de los casos que el hueco para la fundicion ó el molde resulte limpio, bien formado y definido con solo la plantilla, porque si se hace un agujero en una plantilla, las partes ó arena que se reunan dentro de él al moldear penetrarán y permanecerán en la plantilla, á no ser el agujero muy aguzado ó cónico. Por esto cuando el fundidor desea hacer agujeros en su fundicion, tanto para el paso de pernos de tornillo, como para huecos de los tubos ú otros objetos, recurre á lo que se llama *machos*, cuyo manejo y aplicacion es de mas importancia para los ingenieros civiles que otra cualquier parte de la fundicion.

162. Cuando un ingeniero se entiende con una ferrería distante, se vé obligado á hacer planos completos y detallados, indicando todos los agujeros, cavidades y otros particulares que quiere aparezcan en la fundicion, y ordena á los fundidores que hagan la plantilla conforme al dibujo; por esto los maestros constructores de plantillas que entienden perfectamente la naturaleza de este trabajo, forman generalmente parte de la sociedad en las grandes ferrerías. Aunque se recurre á menudo á este método, bajo ningun aspecto es el mejor. La ejecucion de los tales diseños ocasiona pérdida de tiempo y mucha molestia al ingeniero. En las ferrerías se pierde tiempo con frecuencia por los que hacen las plantillas, entendiendo previamente en otras ocupaciones, y las plantillas hechas de este modo generalmente salen caras, y lo peor de todo, los diseños por lo regular no se entienden, y sale una fundicion que no corresponde á lo que se desea. Por lo tanto, el procedimiento mas usual y conveniente para el ingeniero que necesita de muchas fundiciones, es el tener un trabajador entre sus operarios capaz de hacer las plantillas: este procede por instrucciones verbales, sin dibujos molestos, y la plantilla se hace á la vista del ingeniero que marca las dimensiones y aun las fija en el lugar que ocupará el hierro. Esto se hace en el tiempo oportuno y ejecutado al instante, quedando una perfecta confianza de que el metal recibido corresponderá al objeto determinado. Aun si el ingeniero ó el que forma la plantilla no sabe los preparativos que han de hacerse para obtener concavidades, agujeros y cavidades, recibirá probablemente una fundicion sólida en vez de la hueca que esperaba, ó puede tener la incomodidad y gasto de taladros, que se habrian formado sin costo por el fundidor, y el hierro fundido es tan duro y refractario para trabajarlo, que debe tomarse toda precaucion para evitar, lo mas posible, toda obra en las piezas que acaban de sacarse de la fundicion.

163. Las plantillas, bajo los mas aspectos, son representaciones idénticas de los objetos que quieren fundirse; pero las cavidades son precisamente lo contrario, porque en vez de poner un hueco en la plantilla para que salga en lo fundido, se pone en aquella una proyeccion convexa de la dimension y forma del hueco deseado; estas proyecciones se llaman *impresiones*. El objeto de estas es formar una concavidad en la arena, y esta concavidad debe contener ó retener un macho que el fundidor prepara, y como este macho debe entrar á acomodarse en la impresion hueca, por esto el tamaño de la impresion indica al fundidor el que debe llevar el macho que habrá de usarse, y la cavidad será la misma. Los machos se hacen de arena, greda ú otros materiales conforme á su magnitud y objeto á que se destinan. El molde del conducto anteriormente descrito es un buen ejemplo.

Si se recurre á la plantilla para tubos, representada en la figura 14, se verá que tiene dos extremos terminados por proyecciones cilíndricas w, w, que sobresalen á las regolas, y todo el que sabe lo que son tubos conocerá que estas proyecciones no les corresponden y no deben estar allí, ni deben aparecer ya fundida la pieza, porque estas proyecciones son meras impresiones que determinan el tamaño del taladro y proporcionan el apoyo del macho, que es el que debe producirlo. Si el tubo tiene 3 pulgadas de diámetro de fuera á fuera, y el grueso del fundido debe ser de media pulgada, entonces las impresiones w, w, deben tener cada una 2 pulgadas de diámetro; por consiguiente dejan media pulgada todo al rededor para el grueso que haya de tener el metal del tubo: si las impresiones hubiesen solo tenido 1 pulgada de diámetro, no se habria podido colocar mas que un macho de 1 pulgada, y el metal del tubo sería de 1 pulgada de grueso. El diámetro de la impresion determina antes el tamaño del macho que ha de usarse, y de consiguiente el del taladro ó hueco cuando la distancia mayor entre los dos extremos de las impresiones deter-

mina el largo del macho; así al moldear esta plantilla las dos impresiones *w*, *w*, harán su impresion en la arena del mismo modo que el resto de la plantilla, y sus espacios cóncavos son para la recepcion y retencion de un macho que tiene que preparar el fundidor, y el cual una vez colocado en su debido lugar en el molde ocupará la posicion *w*, *w*, y la de las dos líneas exteriores de puntos en la figura que manifiestan el exterior del macho. En la formacion de los machos debe tenerse cuidado de varias cosas: deben ser de un material que resista el calor y presion del hierro, y sin embargo no debe, cuando se funde, convertirse en sustancia tan dura que no pueda removerse de la concavidad ó hueco despues de hecha la fundicion. Los machos grandes (especialmente si se ponen horizontales) serán muy duros, fuertes é incapaces de doblarse ó moverse, porque el hierro en el estado flúido tiene un poder flotante mayor de mas de la mitad que el azogue, y sobre él nadará cualquiera cosa mas ligera, y como el hierro corre primero hácia el fondo del molde, suspenderá el macho y lo romperá ó lo doblará si es tan débil que ceda; y en este esfuerzo impulsará tambien hácia arriba la caja superior é inutilizará la fundicion, si aquella caja no se ha cargado con suficiente cantidad de lingotes de hierro, ó no está enganchada á la caja inferior. Así, pues, los machos largos se hacen por esto sobre barras de hierro si son pequeños, ó sobre tubos ó conductos de hierro fundido ó forjado y horadado con pequeños taladros, si el hueco del tubo que ha de hacerse es suficientemente grande para admitir esto último. Estas barras se llaman barras de machos, y los tubos cañones de machos. La figura 15 sirve para ilustrar sobre la formacion de un macho largo; *o*, *p*, *o*, es el cañon de macho, en el que se ven cerca de *p*, algunos agujeros. Estos sirven para la salida del aire, vapor y gas del interior del tubo cuando el hierro caliente se introduce en él. Estos cañones tienen de $7\frac{1}{2}$ á 11 piés de largo, porque los tubos de hierro se funden por lo regular de $6\frac{1}{2}$ á 10, y el macho debe ser mas largo que el tubo. Cada cañon de macho tiene en sus dos extremos quicios fijos *r*, *g*, de modo que puede girar sobre un quicio ó eje de hierro colado en uno y otro extremo, como se ve en *g* y *r*, de modo que el cañon pueda hacerse mover por medio de la cigüeña ó maniqueta *q*. Dispuesto todo así se enrosca sobre el cañon de hierro, un torcido ó trenzado apretado de heno húmedo, bien igual de un extremo á otro, de lo que se ve una parte en *s*, y asegurado se cubre el heno con greda húmeda bien batida y mezclada con yeso

y pelo para darla una gran tenacidad, y así queda colocada una capa cilíndrica de greda como *t*, *t*, sobre la capa ó faja de heno. La greda es bien conocida de los fundidores, y es una arcilla arenisca floja, ú otra en que no entre bastante arcilla en su composicion para cocerse hasta convertirse en piedra dura. El macho se hace perfectamente cilíndrico haciéndolo girar por medio de la cigüeña contra el borde derecho de una tabla llamada *espera*, colocada paralelamente al cañon, y á tal distancia de su eje, que la tabla pueda raer ó recortar toda la greda supérflua, ó excavar los huecos en que deba añadirse mas greda, hasta que el macho quede enteramente recto y cilíndrico de uno á otro extremo. Así preparado el macho, se lleva á otro taller ó dependencia de la ferrería llamada estufa, que es un piso de ladrillo cubierto de bóveda, cerrado con puertas de hierro, y dentro bastante fuego para que se mantenga constantemente caliente; lo que corresponde á un horno para secar machos ú otros moldes que se coloquen dentro de él. Los machos se colocan en filas unos sobre otros, y así se dejan hasta que estan perfectamente secos y duros, y entonces se alijan rayéndolos ó rebajándolos con una lima basta, si es necesario, y se ennegrecen con una mezcla de polvo fino de carbon y agua, y vueltos á secar, ya pueden emplearse. Para ello solo se debe cortar tanto de uno ó ambos de sus extremos *o*, *o*, con un cuchillo, cuanto es necesario para permitir que los extremos engredados caigan en las dos cavidades hechas en la arena por las impresiones *w*, *w*, é igualmente cortar lo necesario de la arena en las cajas mas allá de las impresiones de los machos, y tambien proporcionar terreno para los extremos *o*, *o*, del cañon, y los apoyos *g*, *r*, dejados en la arena, ó levantados mas allá de los extremos de las cajas, para que el cañon del macho y todo cuanto le corresponda quede en el molde hasta que el hierro se ha introducido dentro de él: el uso de las diferentes partes queda ahora visible. El cañon de macho, de la dureza necesaria, proporciona la salida ó escape del vapor; y si la greda se colocase inmediatamente sobre él, el calor del hierro la coceria dándole tan dura consistencia, que ni el cañon, ni la greda podrian sacarse sin dificultad. Pero el calor es tan grande, que antes que el hierro se enfrie todo el heno se quema y consume, de modo que el cañon se saca fácilmente, y solo deja un tubo delgado de loam (nota 63) cocido dentro del tubo, que se saca con cinceles largos y rascadores á propósito. Los machos pequeños, tales como los que se usan para formar huecos de pernos

y otros semejantes, se hacen de moldes húmedos de arena removida dentro de moldes preparados para el efecto, llamadas cajas de machos; luego que se amolda la arena se sacan colocándose seguidamente en planchas de hierro que se introducen en la estufa, en donde se conservan porcion de machos secos de varias formas y tamaños, y seca ya la arena quedan con la tenacidad suficiente para poderlos manejar y colocar en las marcas impresas, hechas para recibirlos, sin miedo de romperlos ó dañarlos. Como un principio general se debe pues tener presente, que cuando se requieren agujeros en una fundicion, su lugar debe indicarse en la plantilla por impresiones, y no por agujeros. Los que no conocen la práctica de moldear se ven muchas veces confusos para colocar las impresiones en la posicion mas ventajosa del molde; cuando ocurren tales dificultades, lo mejor es colocar las impresiones exactamente donde se necesitan los agujeros, porque estas manifiestan al moldeador dónde deben estar, y si no estan colocados convenientemente él mismo lo variará, porque las impresiones solo se sujetan con clavos y nunca van pegadas. En realidad, la cola debe excusarse en cualquier parte de la plantilla, si es posible, pues que por mucho que sea el escrúpulo con que se emplee, el calor húmedo del molde de arena, de fijo la disolverá mas ó menos, lo que es causa de que la arena se adhiera á la plantilla y produzca fundiciones imperfectas ó ásperas. Así, pues, el enclavado ó empate á cola de milano, son los que se usan constantemente en las plantillas. Si varían los huecos que han de hacerse en una fundicion de la forma regular comun de cilindros cuadrados ó rectángulos, se acostumbra por los que las hacen proveer á los fundidores con una caja de macho para formar tales machos.

164. Aunque se hace casi un constante uso de la arena verde ó húmeda para las fundiciones, exige esta mucho cuidado, y no es el mejor material. La arena necesita humedecerse hasta cierto punto para que mantenga la forma que ha tomado con las plantillas; pero si está muy húmeda es sumamente peligrosa á los trabajadores, porque se engendra el vapor tan repentinamente, y en tal cantidad en el momento que entra el hierro en el molde, que es impelido hácia arriba, y el metal flúido se dispersa en todas direcciones. Así, pues, el moldeador debe ir con mucha precaucion al tiempo de humedecer la arena de que ha de servirse, para impedir este accidente. Pero aun cuando el molde esté libre, el metal fundido al ponerse en contacto con la arena húmeda, y el frio producido por la súbita evaporacion nunca deja de producir un mal efecto en el hierro, si se destina al torno ó lima, porque resulta su exterior muy duro y refractario, lo cual es ventajoso si la pieza fundida se ha de emplear en el estado en que se separa de la arena. Toda fundicion que ha de labrarse despues, debe ser de la tercera variedad (§. 154) ó hecha con arena seca.

165. El método con arena verde y seca es el mismo bajo todos respectos, con la diferencia que para el de la arena seca tan pronto como se ha concluido, la caja se lleva á la estufa, y allí se abre y mantiene por uno ó dos dias, ó hasta que la arena está perfectamente seca y dura. Despues se lleva á la fundicion, y dispuesto convenientemente para recibir el metal se pone á su rededor, y sobre él fuego de carbon, hasta que la arena se halle en un grado alto de calor antes de introducir el metal, y así corre este por un molde caliente y seco, en vez de uno húmedo y frio á un mismo tiempo; y como la caja no se abre hasta que está enteramente frio, el metal no recibe ningun enfriamiento y será de superior calidad para trabajarlo. Las fundiciones de arena seca son mejores que las de la verde, porque el moldeador tiene el mismo trabajo y gasto en ambos casos, con la pérdida adicional de tiempo y el costo de leña, para que el molde se enjugue y la arena quede seca.

166. El cuarto y último modo de fundir es el mas difícil y costoso: se llama obra de greda. Se emplea solo para la fundicion de grandes cilindros para máquinas de vapor, conductos de aire para bombas impelentes, páilas para refinar el azúcar, para calderas de jabon y otros objetos; y generalmente para cualquiera pieza que sea tan grande que no convenga la plantilla, ó que la caja no pueda hacerse de suficiente tamaño para contenerla y moldearla sin que resulten de enorme peso y de dimensiones inmanejables. La greda se trabaja teniendo á la vista los dibujos, sin ninguna plantilla, y se diferencia tanto del trabajo con arena, que en las fundiciones en que se emplea hay distintas clases de hombres llamados trabajadores de arena y trabajadores de greda, porque el moldeador de greda lo ha de hacer en esta ó en arcilla. Se requiere constantemente un pescante ó grúa de mucha potencia, y un lugar seco ó libre de manantiales, á la profundidad de 10 á 12 piés al menos, porque la fundicion siempre se verifica en un subterráneo, que puede ser aun mas profundo para contener lo que ha de fundirse sin que ninguna de sus partes sobresalga á la superficie del piso, ó la inferior esté expuesta á la humedad natural. La des-

cripcion del modo con que se moldea y funde un gran cilindro para una máquina de vapor, bastará para manifestar cómo se ejecuta generalmente la fundicion en greda. El moldeo se hace en el piso de la fundicion, y la operacion se verifica sobre un fondo ó plancha circular de hierro fundido hecha á propósito, y que debe ser al menos un pié mayor que el diámetro del cilindro proyectado despues de concluido. Esta plancha se coloca en una posicion horizontal de modo que el brazo de la grúa gire por encima de su centro: lleva tres brazos pequeños que sobresalen á su circunferencia, á los que se aplican cadenas suspendidas de la grúa, por medio de las cuales se eleva en una posicion perfectamente horizontal, cuando lo requiere el caso. Arreglada la longitud de las cadenas se quitan y separan, y la aguja se erige entonces: esta es una barra fuerte de hierro mas larga que el cilindro que se ha de hacer; su fondo formado en rebajo, como un eje ó apoyo cilíndrico que gira en un agujero ó quicio correspondiente; en el centro de la plancha, y en su parte superior lleva un eje semejante que encaja en un escudo puesto en una cruceta de madera; de modo que la barra fijada así en una posicion vertical, puede circular libremente pero sin sacudimiento, y se mantiene perfectamente perpendicular por medio de la aplicacion de una plomada. La parte superior de la barra lleva uno ó dos brazos, uno por encima del otro, pero ambos paralelos y en ángulo recto con la barra; estos brazos tienen muchos huecos por donde pasan pernos de tornillo que los atraviesan, y con los cuales pueden fijarse á ellos tablas de filo ó *esperas*, en la posicion conveniente. La primera de estas tablas tiene su borde interior perfectamente recto, el que se coloca hácia el husillo de hierro paralelo á ella, y á distancia igual al radio interior del cilindro. Esta tabla se asegura con tornillos á los brazos, y se extiende por debajo hasta $\frac{1}{8}$ de pulgada de la plancha; dispuesto así su borde interior describirá, al girar al rededor de la barra vertical como eje, un cilindro. Entonces principia la construccion del molde, que se hace con ladrillos muy blandos y porosos encastrados 4 pulgadas en greda húmeda, en vez de mezcla, sobre el sitio de la fundicion, cuidando de que la parte exterior de cada ladrillo esté al menos una pulgada dentro del borde interior de la tabla cortante ó espera, al moverse al rededor. De este modo se formará un cilindro hueco de ladrillo, el que debe tener unas cuantas pulgadas mas de alto que el que se ha de fundir. Concluida la pared se revoca seguidamente con la misma greda batida y pelo usado para

cubrir los machos de cañones, y cuando tiene ya 1 pulgada de grueso en todo al rededor va á tocar el filo de la tabla que ha de raerla, hasta que se forme un cilindro lustroso y alisado, que es el macho del cilindro que se trata de hacer. Así permanece hasta que se seca, lo que se apresura en tiempos húmedos poniendo fuego de carbon de leña dentro del cilindro de ladrillo. La espera se acorta ó remete entonces 2 ó 3 pulgadas, para formar una cubierta horizontal ó capa de greda sobre la plancha colocada en el fondo ó cimiento, protegerla así contra el calor, y formar la parte inferior del fondo de la regola del cilindro. Seco ya todo esto, las grietas ó hendiduras que ocurran se toman con greda húmeda, y el todo se pinta ó cubre con una capa espesa de polvos de carbon de piedra, de carbon de leña y agua; las impresiones de los agujeros para los pernos del fondo de la regola deben formarse con una plantilla de madera, que se labra con un escoplo. Determinado el espesor del metal para el cilindro proyectado, que sea por ejemplo de $1\frac{1}{2}$ pulgadas, y las regolas de 2, la espera debe suspenderse 2 pulgadas mas alta, y colocarse $1\frac{1}{2}$ pulgadas mas distante del centro; hecho lo cual, se coloca otra capa de greda preparada sin pelo, y se redondea con la referida espera, cuya capa puede llamarse la representativa, porque ocupa el lugar que ha de tener el hierro y representa su forma. Si han de rodear al cilindro fajas ó molduras, estas se hacen en la referida capa, figurándolas antes en el borde interior de la espera. La regola del fondo puede formarse del mismo modo. Ya seca esta capa de greda puede igualmente ennegrecerse, porque el negro asegura el objeto de separar la arena y evitar que una capa de greda se pegue á la otra. La espera ya no se necesita, por lo que se quita, y se colocan en la plancha que forma la base otras dos semicirculares de hierro opuestas una á otra, cada una con tres brazos salientes, como la anterior, y sus interiores circulares para seguir la curvatura de la regola inferior. Estas planchas sirven de base para la parte externa del molde que sobre ellas se construye en dos mitades semicilíndricas. La parte mas baja de la capa ó cota de representacion y de la regola inferior, se cubren primero con greda mojada y pelo, que se sostiene por medio de una obra de ladrillo blanco, como la anterior; pero que en este caso se requiere sea doble mas gruesa. Estas paredes se hacen con juntas rectas sobre los extremos de la plancha semicircular, para que cuando esten secas puedan las últimas sacarse separadamente. Esta pared exterior ó *chaqueta*, como generalmente se llama, una vez

llevada á la altura que se intenta dar al cilindro, la regola superior debe raerse por la parte de arriba con una tabla pequeña de corte fijada al efecto; y últimamente, se hace en otra plancha separada un bollo de greda para cubrir la dicha parte superior de la referida regola. Ya bien secas las diferentes piezas, para separar con la grúa las dos porciones ó mitades de la chaqueta ó cubierta externa, se extraen lateralmente, y la cota representativa se rompe con cuidado, y se arroja fuera como cosa inútil. El pozo ó fosa se excava y se deja horizontal su fondo; se suspenden con la grúa y cadenas la primera plancha fundamental con el macho sobre ella, y se alojan en el pozo; del mismo modo se colocan precisamente en sus lugares respectivos las dos piezas de la chaqueta, y se ponen en los sitios debidos. Los machos para los agujeros de los pernos de la regola, ya arreglados en su justa posicion, la arena que se sacare del pozo se vuelve otra vez á echar con palas y se pisa cuidadosamente al rededor de la parte exterior del molde, que queda generalmente ademas asegurado por una cadena de hierro que la rodea; últimamente, el bollo de greda ó cubierta se coloca sobre el molde, teniendo una puerta y respiraderos hechos sobre él. Todo queda enterrado en la arena, con la cual se rellena el pozo hasta su nivel con el piso de la ferrería, y verificado esto ya el molde está en disposicion de recibir el hierro fundido.

167. Las fundiciones pesadas de greda, como se han descrito, no pueden hacerse en una crasa, sino que requieren una gran carga de metal y un horno de aire; y siendo la cantidad de metal muy grande para llevarse en cazos ó calderos, se hace un conducto de arena desde la puerta del molde hasta la tapa del hueco del horno, y cuando la apertura se verifica, el metal corre inmediatamente al molde. Al sacar la fundicion del pozo hay que volver á sacar la arena arrojándola á la superficie; las piezas de la chaqueta se hacen pedazos; los fragmentos se sacan en cestos para disminuir la carga, y se fijan cadenas al rededor del resto para sacarlo del pozo con la grúa. Tales son los procedimientos, con ligeras variaciones, seguidos en toda fundicion con greda.

168. Algunas veces se requieren fundiciones de mas densidad y mas compactas que las ordinarias, como cuando se trata de rodillos, de que ya se ha hablado, para formar barras de hierro y metal, ó reducirlas á planchas. Esto se hace poniendo el molde en el fondo de un pozo profundo, con un portillo y respiraderos á algunos piés en la altura perpendicular, mientras el metal llena

hasta la superficie del portillo; y como quiera que los flúidos empujan en todas direcciones en proporcion á su altura perpendicular, debe por consiguiente producirse una gran presion y condensacion en el fundido del fondo del pozo. El portillo en este caso no debe ser perpendicular, porque el peso del hierro puede romper el molde cayendo desde tan gran altura, ó lastimarlo, ó llevar consigo aire que haga formar ampollas á la fundicion.

Un portillo y respiradero anchos que tengan poca conexion con la fundicion, de modo que puedan fácilmente romperse, es siempre una ventaja, porque todos los metales encogen mucho al enfriarse, y este encogimiento tiene lugar en la mayor extension, en aquella parte del metal que permanece mucho tiempo flúida. Esto sucede en el portillo; por esto allí se verifica la contraccion y no debe desfigurar la fundicion; pero si la puerta no tiene metal bastante para suplir la falta, el encogimiento se extenderá á la misma fundicion y podrá inutilizarse.

169. De cualquiera especie que sean las fundiciones, parecerán toscas al separarlas de los moldes, y necesitarán pasar por las manos de un operario llamado aparejador. Su ocupacion se reduce á hacer los portillos y respiraderos, y separar todas las superfluidades con un cortafrio y un martillo; extraer los machos ó remanentes de este de los huecos ó tubos; raer ó limar los exteriores de las piezas fundidas, y quitarles cualquiera arena adherida á ellas, dándoles la última mano, perfeccionando sus superficies, y frotándolas con carbon de leña y coal. Igualmente cumple con otro deber, de que fuera mejor que se le dispensase, porque él dará, aun sin esto, trabajo y causará perjuicio al ingeniero; tal es tapar todas las tachas ó defectos de la fundicion, echando plomo, cimento ó masilla en los hoyos ó cavidades para que no se vean, y para que pase por perfecto lo que se habria devuelto al fundidor si se hubiesen visto sus defectos al tiempo de la entrega.

170. De la descripcion anterior se inferirá que una de las mas difíciles y delicadas operaciones del moldeador es la de levantar la caja superior desde el fondo, despues de moldeada una plantilla sólida, sin trastornar mucho la arena. Esta dificultad nace principalmente de no tener medios de acceso á la plantilla con el objeto de desprenderla; porque cuando esta se golpea suavemente con el martillo, se separa de la arena, y puede en los mas de los casos levantarse con facilidad. Por esto no se hacen plantillas sólidas ó sencillas de una sola pieza cuando pueden evitarse,

y sí de modo que cada una consista en dos mitades unidas con clavijas firmes para conservar la posicion de las partes, y de tal modo puestas en las cajas, que la union sea horizontal; consecuentemente, al separar las dos cajas, una parte de la plantilla queda en la caja inferior y la otra en la superior, disminuyéndose mucho la dificultad de separarlos de la arena, y al mismo tiempo se logran aquellas ventajas en la facilidad y perfeccion de moldear.

171. Para aumentar la facilidad de separar las plantillas de la arena, es esencial que las superficies sean lisas y regulares, para lo que se usan frecuentemente plantillas barnizadas y pulimentadas. Es tambien preciso que cada plantilla tenga lo que se llama *bebederos*; esto es, que la parte mas baja que ha de quedar dentro de la arena sea mas pequeña, muy poco, que la parte superior; de suerte que de cualquier modo que se levante la plantilla, por muy ligeramente que sea, se separe y quede independiente de la arena. Si una plantilla es mas ancha por abajo que por arriba, será imposible separarla sin desbaratar la arena y destruir el molde, lo cual queda evitado con disminuirla aunque muy poco.

172. Otro importante punto para el Ingeniero al disponer sus plantillas, es la contraccion del metal al enfriarse, lo que constantemente causa ser menor lo fundido que la plantilla usada. Segun los hierros, así tambien difiere la contraccion, y con mas exceso en los lingotes núm. 3; de modo que la cantidad exacta de menos ó merma, se conoce mejor experimentándola en una fundicion y observando la disminucion real. El aumento concedido es un octavo de pulgada por pié de extension en el hierro médio ó núm. 2; pero esto es mucho para el núm. 1, y no bastante para el 3. Por lo mismo, si se quiere un tubo ó columna precisamente de 9 piés de largo, la plantilla debe tener 9 piés y $\frac{1}{8}$ de pulgada de largo, ó $\frac{9}{8}$ de pulgada deben concederse de mas; y este mismo principio se aplica así al grueso como á los largos de todas las fundiciones, y muy particularmente debe observarse para puntear ruedas de molino. Las cavidades para los dientes de madera de una rueda de hierro con muescas, se hacen todas por medio de machos, para lo que una caja de estos es indispensable; pero todos los huecos han de ser enteramente iguales, y las impresiones para estos machos son siempre en pares opuestos unos á otros en lo interior del canto de la plantilla de la rueda.

173. En la formacion de todas las plantillas debe tenerse un

cuidado especial de no invertir mas metal que el necesario para la debida fuerza y buen aspecto de las piezas fundidas, porque la superabundancia del metal aumenta mucho el peso y costo de la obra, y lo que es aun mas importante, no se obtiene en este caso la misma proporcional seguridad respecto á la fuerza en las fundiciones muy grandes, como la que puede obtenerse en una área igual de las pequeñas. Esto nace de la natural contraccion del metal al enfriarse, y de la imposibilidad de producir alguna variacion en la forma de la pieza fundida en el momento que está dura ó sentada. En las dimensiones moderadas tiene esto lugar á la vez en toda la masa, y todas sus partes se solidifican en el mismo instante ó casi al mismo tiempo, y de aquí la uniformidad de contraccion. Pero en las fundiciones muy grandes sucede con frecuencia, que su exterior en contacto con el molde se enfria y sienta al rededor, y así se reune ó queda una considerable porcion aun flúida de metal en el centro, que no se asienta aun algunos minutos despues. Cuando se sienta así y enfria, debe contraerse y tirar de lo exterior hácia dentro, disminuyendo el tamaño de la fundicion; y como lo exterior se ha sentado, y no puede variar de figura, lo interior se vé precisado á contraerse solo, y al verificarse, muy frecuentemente corre en forma de cristales y deja huecos, que se llaman ampollas de aire, pero que realmente son espacios perfectamente vacíos semejantes á los vacíos tórridos del barómetro. Las tales conformaciones siempre se observan cuando se parten barras muy sólidas y pesadas, y entonces se dice que el hierro tiene el grano de *panal de miel*. Esto se evita haciendo las barras y columnas huecas ó tubulares, y la experiencia prueba que la misma cantidad de metal en una barra ó columna hueca producirá mucha mayor fuerza que siendo sólida.

174. Estas consideraciones corresponden mas particularmente al capítulo próximo, en el que serán explanadas é investigadas, y en el que se demostrará que los mismos materiales son capaces de producir muy diferentes grados de fuerza, dependiendo del modo con que se colocan y usan. Así es sabido de todos, que si una tabla de pino de 1 pulgada de grueso, 12 de ancho, y 10 piés de largo se coloca por su ancho ú horizontalmente para servir de entrepaño, aguantará muy poco peso sin primero doblarse y despues romperse; pero si se coloca de canto, y por cualesquiera medios se mantiene en direccion recta, soportará colgada de ella un enorme peso comparativamente al primero, sin recelo de que se rompa. Este

principio se aplica constantemente al uso del hierro porque una plancha delgada de hierro colado, como una tabla, aguantará poco, y por la naturaleza quebradiza del material se romperá despues de encorvarse ligeramente; pero si dos planchas semejantes se usan al mismo tiempo, y la una se coloca de llano como *y*, *y*, figura 16, y la otra *z*, se coloca debajo con su borde delgado hácia arriba, entonces la posicion dada á *z* evitará que *y*, *y* se encorve hácia abajo, y por consiguiente no podrá romperse hasta que se aplique una fuerza tal sobre ella que rompa á *z*; porque ínterin esto no se haga, *y*, *y* no puede doblarse bastante para romperse. En la práctica rara vez se ponen dos barras de este modo, sino que se juntan ó funden en una sola pieza, como se muestra en la figura, que es una seccion trasversal de un tirante de hierro fundido destinado para viga solera, con el fin de mantener una pared ó un cuarton que soporta un piso. En la figura se indica igualmente el viaje que ha de llevar la plantilla para poderla retirar de la arena. La tal viga puede fundirse en la direccion en que está colocada en la figura, por lo tanto cada parte se hace mas estrecha por abajo que por arriba. Los dos lados de la plancha horizontal *y*, *y* están inclinados de modo que la parte inferior no es tan ancha como la superior, y la barra de apoyo ó pié derecho *z*, que en la fundicion se llama *pluma* (nota 64) es aguzada ó mas delgada hácia abajo que hácia arriba; y como la última contraccion del hierro colado al fundirse siempre se verifica donde hay la mayor cantidad de metal, y esto es generalmente donde las dos planchas ó superficies se intersectan, de aquí resulta que donde se reunen dos superficies en ángulo recto, hay mas riesgo de rajarse, y aun de separarse, que en otra cualquier parte. Para evitar este accidente es oportuno, y está muy en uso, introducir una faja ú óvalo en todo ángulo entrante recto, dando así fuerza adicional, como se ve en la parte *a*, *a* de la viga, y la misma precaucion se necesita igualmente en el ángulo semejante, hecho por la union de un tubo con su regola, como se ve en la figura 14.

175. La figura 17 es la vista de frente de una plantilla para una rueda de hierro colado de mucha fuerza; y la 18 es la seccion trasversal de la misma, cuyas figuras se ponen para manifestar cómo se aplican los principios arriba aplicados á la formacion de las ruedas, y á una vasta variedad de artículos que ahora se hacen de hierro fundido; en cuyo trazado el Ingeniero debe siempre trabajar para obtener la mayor fuerza posible con la menor

cantidad de metal, no solo como se ha observado anteriormente para disminuir el costo de la construccion, sino tambien el del trasporte de los materiales, y con el importante objeto de evitar pesos innecesarios en las distintas situaciones de las máquinas, y disminuir la inercia y friccion, con lo cual se logra gran libertad de movimiento y se mejora la apariencia de la construccion, porque las máquinas ligeras y delicadas agradan siempre mas á la vista que las toscas ó pesadas, por estar estas sobrecargadas de material.

176. Supóngase que se desea construir una rueda fuerte de hierro fundido, que presente una cara ó superficie de 4 pulgadas de ancho en el borde ó llanta. En vez de hacer esta ó la circunferencia de su anillo de metal de 4 pulgadas cuadradas, ó aun de 4 pulgadas de ancho por 2 de grueso, y colocar fuertes rayos cilíndricos como los de la rueda de un carruaje para mantenerlos; el todo, á excepcion de la maza ó cubo, se hará de metal que no exceda de $\frac{3}{4}$ de pulgada de grueso con mas certeza y mas fuerza, adoptando la construccion que manifiesta la figura. El cubo ó maza *b* debe por consiguiente ser un trozo sólido de metal, como requiere la longitud de situacion por el eje que tiene que soportar todas las otras partes de la rueda; pero puede dársele un corte sesgado en ambas caras en figura de dos conos truncados, como se ve en la seccion, con lo cual quedan aviajadas para la arena: *a*, *a* son las impresiones para el macho cilíndrico que ha de formar el hueco en el centro de la rueda. Los seis radios *c*, *c* y el cerco interno *f*, *f* pueden hacerse de $\frac{3}{4}$ de pulgada de tabla con el ancho proporcionado al peso que han de llevar. El cerco externo *e*, *e* está fijado en el borde del cerco delgado *f*, *f*, y por consiguiente debe tener 4 pulgadas de ancho; y aunque no necesita mas que $\frac{3}{4}$ de pulgada de grueso, es mejor darle algo mas en el medio de la parte interior, no solo para que resulte la inclinacion, sino para aumentar la fuerza. Para dar resistencia y tesura á los rayos se ponen las plumas en ambas caras de ellos en vez de hacerlo en una sola, y estas plumas deben ser mas delgadas en su superficie exterior. La seccion trasversal de cada rayo ofrecerá la forma de una cruz, como se ve en *e*, figura 18; y así no solo los rayos, sino tambien la circunferencia, pueden fortalecerse con piezas planas en ángulos rectos entre sí, y obtener de este modo la suficiente resistencia para cualquier caso.

177. Si se adoptase un método contrario de construccion, y

se uniese una periferia pesada con un cubo sólido por medio de rayos de mucha menor dimension, no hay duda que podria fundirse esta rueda; pero habria mucho riesgo de que no saliese entera del molde; y si se lograse, probablemente se romperia al menor choque ó concusion, á causa de la contraccion desigual, y por no hallarse el metal en el estado en que puede llamarse el equilibrio tranquilo de toda su sustancia. Siendo los rayos mucho menores que las otras partes, sentarán, se enfriarán, y llegarán á su mayor grado de contraccion, mientras las otras partes estan calientes ó flúidas. Esta desigualdad de contraccion causará, con toda probabilidad, una separacion de los rayos, ó de alguno de ellos del cubo, ó de la circunferencia; ó si esto no sucediese en el primer enfriamiento, ocurrirá despues si la rueda se golpea con un martillo, ó recibe algun choque ó vibracion que permita á la tension natural turbar la cohesion de las partes mas débiles. Estos accidentes en las fundiciones, y su espontánea fractura, son muy comunes, recayendo la culpa muy frecuentemente sobre el fundidor, al que se acusa de haber empleado hierro malo; cuando la verdadera causa queda manifiesta á todos los que conocen la naturaleza del hierro fundido, y saben ser consecuencia de una forma de fundicion poco meditada, no quedando otro arbitrio para evitar estos accidentes que la juiciosa disposicion de las cantidades de metal para que una parte no tenga ventajas sobre otras. Si una parte de la fundicion es gruesa, las otras que se unan á aquella deben ser tambien gruesas en proporcion, y no tratar de unir piezas muy largas con otras muy pequeñas, sino por redoblones ó tornillos, porque deben hacerse separadas.

178. Por esta causa, así como por la conveniencia del trasporte, las grandes ruedas volantes ó voladoras de las máquinas de vapor, y ruedas de dientes para molinos se hacen en piezas separadas, que consisten en el cubo central, en los rayos, y en los segmentos, que despues se unen por pernos de tornillos y tuercas. Se sabe por experiencia que las ruedas, fusta y otras piezas pesadas, son mas fuertes y mas seguras luego que se unen por este medio, que las fundidas en una sola pieza. Ademas, resulta otra ventaja de la union de piezas separadas, tal es el evitar el enfriamiento y contraccion desigual, pues por mucho que se haga, es casi imposible ejecutar una gran fundicion plana sin que quede con algun pequeño torcido ó vuelta, lo que no puede evitarse siendo de una sola pieza. Pero cuando se unen ó arman grandes ruedas, hay la

oportunidad de enmendar este defecto si existe, en el modo de verificar cada junta, y en consecuencia pueden tenerse ruedas de piezas, que es como se llaman; que rueden ú obren con mas seguridad y regularidad que las fundidas de una sola pieza.

179. La obra fundida para máquinas se paga generalmente al peso, excepto en los casos de acueductos, ó tubos de gas, ó planchas de ferro-carriles, ó carrileras, porque siendo estas de tamaño uniforme, tienen en la compensacion la misma cantidad de hierro y trabajo, y pueden por consiguiente valuarse por vara corriente, lo que en estos artículos es el método mas satisfactorio, como que facilita al ingeniero calcular de una vez el costo de cualquiera cantidad pedida de esta clase de obra; pero si se quiere un tubo ó plancha de mas peso que el ordinario, ó de una construccion particular, no se gradúa por medida sino por el peso.

180. Como la formacion de las plantillas por la exactitud con que deben hacerse, requieren los mejores trabajadores y materiales, son siempre mas costosas, y una plantilla determinada cuesta por lo regular mas que la fundicion que se hace por ella. El costo de la plantilla siempre carga sobre el empleante, bien las haga él ó se hagan despues en la fundicion, son de su propiedad y deben guardarse ó remitirse con lo fundido; por consiguiente en los cálculos ó presupuestos, los gastos de plantillas se han de agregar al costo del metal. En muchas grandes ferrerías, hay la costumbre de tener plantillas propias de todas las clases de objetos generalmente pedidos, y de los que se necesitan un gran número; en tal caso, el fundidor carga una pequeña cuota ó tanto por ciento, por el arriendo de su plantilla, sobre el precio que da el hierro, en lo que hay un grande ahorro de gasto y de tiempo para el ingeniero. Los Sres. Galloway, Bauwiem y compañía de la ferrería de Caledonia en Manchester, en Inglaterra, publican una lista de las plantillas que tienen: pasan de 500 de ruedas de todos tamaños y resistencia, que se especifican al mismo tiempo que el número y dimensiones de sus dientes; ademas sobre mil variedades de vigas ó palancas, rejos, cajas de dos piezas, poleas, tubos, marcos para prensas, y otros artículos que aquellos señalan; de modo que el ingeniero encuentra casi todos los artículos que necesita para la construccion ordinaria de molinos, prensas, caminos de hierro, otras para agua ó gas, máquinas de torno, telares &c., sin necesidad de construir plantillas por sí mismo.

181. El único método de apreciar el gasto del hierro colado es

midiendo y calculando los sólidos contenidos de fundicion, ó tambien reduciéndolos á la medicion de tablas (§. 116), y computando el peso en ambos casos por el peso conocido del hierro. La gravedad específica convenida del hierro es 7,207 (*Dr. Thomas Young's lectures on Nat. Phyl.*, vol. II, p. 503) (nota 65); y como quitando la coma decimal del número que expresa la gravedad específica de cualquier sustancia conocida, dá al mismo tiempo el número del peso en onzas del pié cúbico de aquella sustancia; se tendrá que 1 pié cúbico de hierro pesará 7207 onzas, ó 450 libras y 7 onzas (medidas inglesas) (nota 66). Pero como por los huecos de los pernos y cavidades pequeñas en las fundiciones nada se rebaja en las ferrerías, no se hace alto en las 7 onzas, y se dice que el pié cúbico inglés pesa 450 libras (*avoir du poids*), del que la dozava parte, ó 1 pié de superficie de 1 pulgada de grueso, pesará $37\frac{1}{2}$ libras ó 600 onzas, y 1 pulgada cúbica 4,163 onzas. Así, los sólidos de fundicion son cúbicos y comparados con el peso de los piés ó pulgadas cúbicas, mientras que las fundiciones huecas, tales como cilindros huecos ó tubos, se miden superficialmente y se estiman como si tuviesen 1 pulgada de grueso. Si tuviesen mas ó menos de 1 pulgada, entonces el producto obtenido por 1 pulgada se aumenta ó disminuye proporcionalmente; si el cilindro tiene 2 pulgadas de grueso se duplica el producto; si $1\frac{1}{2}$ solo se aumenta una mitad, ó se resta la misma cantidad si solo tiene $\frac{1}{2}$ pulgada de grueso, y así para los demas espesores.

182. El peso de los sólidos fundidos puede determinarse con suficiente seguridad para muchos objetos, pesando la plantilla de madera y multiplicando este peso por 14,4, si aquella es de pino blanco, ó por 10,8 si es de caoba dura, á causa de que el hierro pesa mas que estas clases de maderas próximamente segun aquellas cantidades. Este es un expediente á que apelan constantemente los fundidores para calcular el hierro que han de fundir, y que haya en el horno el bastante para el objeto (§. 153). Así, los ingenieros deben valerse tambien de él cuando quieran conocer el peso aproximado de una fundicion para que han preparado las plantillas. Estas tambien se llaman modelos, pero mas generalmente plantillas.

Acero.

183. El acero no puede considerarse como un material destinado á las construcciones de edificios, y por lo tanto en todo rigor no debia incluirse en este capítulo. Sin embargo, es de tal importancia en el arte de fabricar, como que constituye el único material destinado á todas las herramientas de corte, y tan frecuentemente empleado en las máquinas, que no puede dejar de interesar al ingeniero el conocer algunas de sus propiedades.

184. El acero es un metal artificial ó facticio, producido por la union del hierro de barras ó maleable con cierta cantidad de carbon; pero al mismo tiempo menor que la que tenia antes de convertirle en barras de hierro. El hierro colado por lo general contiene 5 por 100 de carbon, mientras que el acero rara vez pasa de $1\frac{1}{4}$ á $1\frac{3}{4}$ por 100. Así, pues, la formacion del acero consiste en volver parte del hierro á su estado primitivo, y sin embargo la variacion producida por esta pequeña diferencia en la cantidad de carbon, la hace muy grande en los dos metales, porque el hierro colado es mas ó menos quebradizo y no puede forjarse ni unirse caliente ni con el martillo, mientras que el acero cede fácilmente á este, y puede forjarse y trabajarse casi con la misma facilidad que el hierro en barras. Pero esto requiere mas cuidado al calentarlo, porque el acero es fusible, aunque en menor grado que el hierro colado, y caldeado demasiado pierde sus mejores propiedades, y en el lenguaje de los trabajadores *se quema*.

185. Para hacer el acero, se escogen las barras mas puras y mejores, y se introducen en una caja gruesa con cisco de carbon de leña, y así se mantienen en un horno á un calor muy violento por espacio de una semana; y despues de sacado, la caja y su contenido se dejan enfriar poco á poco antes de abrirla. Interin dura esta operacion, el hierro de las barras se combina con la cantidad necesaria de carbon convirtiéndose en acero, que es lo que se llama *ligazon*. El acero sacado de este modo presenta muchas ampollas de aire en su superficie, y aun en el medio de las barras se forman cavidades ó huecos de semejante especie; entonces el acero se dice estar *ampollado*, y muchas veces se vende y usa así; pero necesita forjarlo considerablemente, lo que consiste en martillarlo mientras se halla en el color rojo para libertarlo de los huecos y ampollas, y hacerlo igualmente unido y compacto en toda su extension: este forjado se verifica frecuentemente en el sitio en que se forma el acero, por medio de martillos pesados movidos con máquinas, llamados martinetes. Desaparecidas las ampollas y cavidades, y toda la barra ya enteramente uniforme, se vende bajo el nombre de acero puro.

186. El acero ampollado, en vez de forjarse se rompe en pedazos pequeños, los que se colocan en grandes crisoles con tapaderas que contienen cisco de carbon de leña, y así se funden con el calor y cuela en barras de 33 pulgadas de largo, y de aquí pasan á rodillos acanalados como barras de hierro (§. 130) y se convierten en estas llamadas de acero fundido, que se consideran de la especie mejor y mas pura, y emplean con preferencia á otra alguna, para las herramientas de corte.

187. Al elegir el acero que ha de emplearse, debe atenderse con el mayor cuidado á sus cualidades, que parecen depender de la cantidad de carbon que contiene y del esmero con que se ha manufacturado. De aquí la gran diferencia en la calidad del acero, y el tener el trabajado por algunos maestros, decididamente la preferencia al trabajado por otros. Para resortes, el acero debe tener corta cantidad de carbon; la cuchillería requiere gran cantidad de él, y las limas y toda clase de herramientas para cortar metales duros quieren aun una mayor dósis, y deben por consiguiente ser siempre de acero fundido.

188. No obstante que el acero es una variedad del hierro, tambien difiere de este metal en varios puntos importantes, es de un color mas claro, y siempre aparece granugiento en vez de fibroso; admite mucho mas pulimento y es mucho mas susceptible de orin; tiene mucha mayor gravedad específica, puede hacérsele, no solo mucho mas duro sino tambien mucho mas elástico que el hierro; tocado con un ácido fuerte se vuelve casi negro; es mucho menos atraido por el magnetismo, pero retiene mucho de este, que no puede comunicarse al hierro; es fusible aunque capaz de unirse, pero su propiedad de mas valor y que mas lo distingue, es la facilidad con que puede ser endurecido ó ablandado, á casi toda la extension requerida por los diferentes grados de calor, cuya operacion se llama *templar*.

189. El acero en su primer estado es flexible y tan liso como el hierro en barra; pero si una pieza de aquel se calienta á un rojo bajo ó color de cereza, y despues repentinamente se enfria metiéndolo en agua, se vuelve enteramente duro y quebradizo, y podrá no doblarse lo mas mínimo sin romperse. Todas las limas y herramientas para cortar metales duros pueden consecuentemente hacerse duros de este modo; pero las deja sujetas á abrirse fácilmente ó romperse por sus bordes por lo sumamente quebradizo del metal. Si el acero mas duro se calienta hasta el rojo, toda su dureza des-

aparece otra vez, y calentándolo así ó recociéndolo y dejándolo enfriar poco á poco, llega á ser casi tan blando como el hierro. Si el acero se pulimenta, ó se hace reluciente restregándolo mientras está duro, reunirá una brillantez sucesiva de colores prismáticos sobre su superficie cuándo esté caliente; pero para obtener el ablandarlo se llega solo al rojo mucho mas bajo. Estos colores son constantes en el mismo órden sucesivo y estan en relacion con la dureza del metal; y si el acero se enfria por meterlo en agua caliente al momento en que cualquier color aparece, la dureza peculiar á este color se fija permanentemente en el acero; y esta operacion, que requiere cuidado y destreza así como experiencia del operario, se llama *templar*. El acero en su estado duro tiene una apariencia blanca, por la cual un ojo experimentado puede juzgar de su dureza sin someterlo á la prueba, con tal que la superficie esté libre de oxidacion. Al calentar este acero duro, el primer color que aparece es el amarillo bajo, que se pone mas oscuro ó se inclina mas al castaño ó de perdiz, si se continúa calentando. El amarillo medio se llama por los trabajadores color de paja, y es entonces cuando el acero puede enfriarse para obtener el temple mas favorable para todas las herramientas de cortar bronce, hierro y cobre. Si en vez de enfriarse, se continúa calentando el acero, el amarillo oscuro ó castaño cámbia en aquel hermoso color azul tan comun en los efectos de acero. El temple azul se llama tambien el temple de resorte ó muelle, porque cuando está azul es mucho menos duro que cuando tiene el color de paja, y entonces posee su alto grado de elasticidad. El acero en su temple de color de paja carece tanto de elasticidad, que no aguanta la menor curvatura sin romperse; pero en el temple azul puede doblarse mucho sin fractura, y libre de la fuerza que lo encorvaba vuelve á su primera forma. Por lo tanto, todo resorte de acero debe tener el temple de muelle ó azul, cuya naturaleza se ve bien explicada en el muelle real de reloj. Las diferentes herramientas para cortar madera deben tener tambien este temple, que las hará bastante duras para su objeto, y no estarán tan expuestas á romperse como cuando son duras. Si continuase calentándose el acero mas allá del color azul, tomaria un tinte rojo ó violeta, y el acero entonces es muy blando para las herramientas en general y es fusible; pero tiene poca elasticidad ó tendencia para volver á su primera figura, y retendrá cualquiera forma en que se le haya doblado; y si se calienta hasta el rojo y enfria poco á poco, se pondrá negro como el hierro y en su estado

mas blando. Por consiguiente, el acero se trabaja y forma constantemente en este estado, sin endurecerlo ni templarlo hasta que la obra ó efecto esté acabado, pero recibiendo todo su último pulimento. Los taladros y otros instrumentos de acero duro sujetos á movimiento rápido, frecuentemente se calientan tanto por la friccion durante su uso, que se ablandan por sí mismos y llegan á ser ineficaces. En este caso no hay alternativa para reponerlos á no seguir el método ya dicho de endurecerlos y templarlos despues; porque toda pieza de acero se puede primero endurecer y reducirla á un temple mas bajo. En este supuesto, los cinceles y otras muchas herramientas se venden duras, porque el operario puede despues al usarlas templarlas mas bajas ó segun su objeto, lo que puede hacerse convenientemente colocándolas en una barra de hierro de suficiente tamaño, calentando al rojo préviamente, y teniendo cerca un cubo de agua fria para meterlas dentro en el momento que aparece el color deseado. Las hojas de sierra, espadas y otros artículos de acero, que presentan una superficie considerable, es muy difícil templarlos con igualdad, y el calor se les aplica mejor metiéndolos en un baño de aceite caliente, ó de estaño derretido, ó plomo, de modo que cada parte pueda simultáneamente quedar expuesta á la misma elevacion de temperatura.

190. El acero se une con la misma facilidad que el hierro, y puede no solo unirse consigo mismo, sino tambien con el hierro de modo que las herramientas y otros artículos se hacen rara vez en el todo de acero, y sí una pieza delgada unida al hierro, cuando se necesita un borde con filo ó cortante. El fabricante aprovecha este trabajo adicional para disminuir ó evitar el costo del acero, que por lo regular es tres ó cuatro veces mayor que el del hierro, y es igualmente ventajoso al consumidor, porque el acero duro siempre es mas ó menos quebradizo, y los efectos enteramente de acero estan muy expuestos á romperse ó saltar; pero como excede ó predomina la cantidad de hierro, su propiedad correosa y flexible es buena, y añade cierta fuerza al acero que no se obtiene de otro modo.

191. El mismo resultado se logra por un procedimiento llamado de *temple de caja* (nota 67). Los artículos acabados de este modo se hacen enteramente del mejor hierro, y se liman, concluyen y pulimentan: se meten despues en una caja cerrada de hierro, en la que quedan enterrados en carbon formado de una parte de cuero ó huesos quemados. Despues se expone el todo en un horno

á un calor enteramente rojo durante pocas horas; pasado este tiempo, toda la capa exterior del hierro se convierte en acero, no penetrando mas que el grueso del papel comun, pero cuya cubierta delgada puede ser endurecida, templada y pulimentada, dando así al artículo todos los caractéres externos y todas las ventajas del acero, mientras que el hierro interior sin variar, proporciona fuerza ó mas bien tenacidad.

Bronce.

192. No es material para las fábricas, pero de él hace mucho uso el ingeniero práctico, por lo que debe conocer sus propiedades.

El bronce es una mezcla ó metal artificial, y se distingue por las variedades principales llamadas *bronce fino amarillo*, *metal de cañones*, *metal de campanas* y *metal de ollas ó de gallo*. El primero se compone de cobre y zinc en la proporcion de cinco partes de aquel y tres de este, y resulta el hermoso metal amarillo de que se forman los instrumentos filosóficos, y adornos de casas. Se emplea poco por los ingenieros, y solo para las partes de adornos de las máquinas de vapor ó para ruedas pequeñas. Es dúctil, correoso, muy tratable en las manos del operario y admite un pulimento fino.

193. El metal de cañones es de un color amarillo rojizo, y se compone de nueve partes de cobre y una parte de estaño puro, al que siempre se añade un poco de zinc. Se distingue por su peculiar flexibilidad, y debe su nombre á que todos los cañones de bronce estan formados de él. Su flexibilidad previene el que puedan reventar. Se usa mucho por los ingenieros para los espejuelos, quicialeras ó dados en que giran los ejes, pivotes ó trompos de cualquier máquina, y tambien para la formacion de las válvulas de vapor y agua, y los cilindros de los cuerpos de bomba: es menos fácil de trabajar que el bronce amarillo, pero es mas fuerte y durable que él.

194. El metal de campanas, así llamado por ser la composicion de que se funden las campanas, se compone de seis partes de cobre y dos de estaño. Su color es mucho mas pálido que el de los dos anteriores, inclinándose á un rojo claro ó amarillo muy bajo. Es tan duro y quebradizo que no sufre el menor doblado sin romperse, y apenas puede tocarse con la lima ú otras herramientas.

Por esto únicamente puede alterarse su forma por medio del cincel frio, ó restregando ó amolando. Se usa por los ingenieros para espejuelos ó apoyos de quicios cuando se requiere gran fuerza ó dureza, y en otros objetos en que el acero puede ser cuestionable por su facilidad á oxidarse, propiedad que el bronce tiene en grado muy ínfimo.

195. El metal de olla ó gallo es el mas barato, y la peor clase de bronce. Se compone por lo regular, de dos partes de cobre y una de plomo, y algunas veces de partes iguales: de este metal se hacen todas las bombas ó llaves de agua y vapor, como las diferentes piezas de bronce que usan los plomeros. Este metal tiene un hermoso color amarillo de curtido, y admite un buen pulimento, pero es blando y al mismo tiempo muy quebradizo. Es de poca flexibilidad ó fuerza, pero se lima y trabaja fácilmente, y no sufriendo golpes de concusion, es muy duradero.

Cobre, plomo y zinc.

196. Estos metales se usan principalmente en rollos, ó en su estado ó forma para cubrir tejados, para canales y caños ó conductos de agua. Las planchas de plomo se funden algunas veces sobre un asiento plano de arena preparado al efecto, y se llama entonces plomo fundido; pero en los últimos tiempos, se prepara generalmente entre cilindros lisos de hierro fundido, como sucede siempre con el cobre en planchas, y entonces se llama plomo batido, que es preferible al fundido, porque puede hacerse mas delgado y de mas uniforme espesor, sin quedar sujeto á las pequeñas ampollas de aire, que no pueden evitarse en las planchas de plomo fundido. Los tubos de plomo de menos de 2 pulgadas de diámetro se funden por lo regular sin union longitudinal, pero cuando son mas anchos, requieren se saquen de las planchas del metal y que se suelden. Los tubos de plomo solo se pueden fundir en trozos cortos, como de 30 pulgadas cada uno, que se calientan juntos para formar un tubo largo. Esta operacion consiste en colocar los dos extremos que han de unirse en un molde de bronce hecho á propósito; se introduce un macho pulimentado de hierro, y despues, se hace correr plomo derretido sobre la junta, hasta que por la aplicacion continuada de este calor, los dos extremos contiguos del tubo se fundan y se junten al metal nuevo introducido. Hoy los tubos de plomo y cobre se hacen generalmente del mismo modo que el alambre, de suerte que resultan de un tamaño uniforme, y de 12 á 18 pulgadas de largo. Se introduce en el tubo una varilla de hierro lisa cuando se va á sacar, para que se conserve la magnitud del hueco, y se saca concluido el tubo. Todos los tubos de cobre se tornean con formas de metal, y la junta debe soldarse con laton ó azofar, y no con soldadura floja. El zinc es aplicable á muchos objetos á que se destinaba el cobre; pero, siendo de naturaleza mas quebradiza, está mas expuesto á rajarse que los otros dos precedentes metales. Por la blanda y pegable naturaleza del plomo, el ingeniero lo usa mucho para llenar las juntas entre los tubos de hierro, y del mismo modo se usa en el estado de fusion para unir el hierro con las piedras.

197. El plomo, el cobre y el zinc se venden siempre al peso; pero en el estado de planchas se designan por el peso del pié cuadrado del metal. Así, 4 libras de plomo, que es la plancha mas delgada que se hace, tienen 4 libras de metal en el pié cuadrado (inglés) y su grueso es de $\frac{1}{16}$ de pulgada inglesa (ó de 0,8 de línea española): 6 libras de plomo tienen 1,3 líneas de grueso: 8 libras tienen 1,6 líneas de grueso, y 10 libras 2,2 líneas. La cuarta parte de 1 pulgada inglesa ($3\frac{1}{4}$ líneas españolas) de grueso, es la generalmente usada; contiene próximamente 15 libras (14 libras 9 onzas) de peso por pié cuadrado inglés ó 1,2 del pié cuadrado español. La plancha de cobre, siendo de metal mas correoso y costoso, se lamina ó rolla mucho mas delgado, y se designa por el número de onzas del pié cuadrado. De 6 onzas de cobre es muy delgado, pero desde 8 hasta 10 onzas forma una cubierta buena, y de 12 á 16 es muy fuerte.

198. En las cubiertas de grandes armaduras ú otras superficies, con algunos de los metales en planchas, las juntas no se unen sino que se hacen ciertos dobleces ó levantes en los bordes de las planchas, y las unas cubren ó solapan la proyeccion de las otras, al modo de las tejas planas (§. 51), pero de una manera mas ajustada y perfecta. Estas juntas se llaman faldas, regazos (traslapos), y bien hechas, evitan las goteras, ó entrada ó paso del agua de las lluvias. Si las planchas se soldasen de modo que formasen una sola contigua, la dilatacion en los tiempos calurosos obligaria al metal á arrugarse, perdiendo su superficie plana, y tal vez á formar huecos en que el agua quedase retenida sobre el nivel de las juntas ó traslapos, haciendo que la cubierta se rezume. La contraccion

en los tiempos frios, causaría un efecto opuesto, y haria que una parte de la cubierta se separase de la otra, produciéndose grietas que destruyen la continuidad. Los dobleces ó traslapos deben siempre construirse para permitir la contraccion y expansion, y como aquellos no distan mucho unos de otros, la cantidad de huelgo es muy pequeña. El sistema de cubrir con planchas de metal, que ha proporcionado al profesor Bounicastle de la universidad de Virginia una patente, es muy sencillo y excelente, y atiende completamente á los efectos del cámbio de estacion.

199. Las planchas de metal, en especial al formar tubos, frecuentemente se clavan á la tablazon lisa debajo de ellas para su apoyo, y para que el agujero del clavo no permita el paso del agua, se cubren uno y otro con soldadura, lo que se llama *tildar.* El uso de clavos de este modo exige discernimiento y cuidado, porque la contraccion y dilatacion, que levantan los clavos cuando estan mal colocados, producen mas males que los que se tratan de evitar.

Hoja de lata.

200. Estas hojas unidas con soldadura se usan mucho en las ciudades del Norte de los Estados Unidos, para caños, canales de armaduras, y aun para cubrir estas; pero su sola recomendacion es su baratura. Estas hojas son únicamente planchas muy delgadas de hierro bañadas ó cubiertas por ambas caras con estaño derretido, de modo que se evite la oxidacion ú orin de hierro. Pero como esta cubierta no es siempre perfecta, y el hierro puede quedar descubierto en los bordes de cada plancha, si se cortan estas, bien pronto se oxidan, y es corta su duracion si no se pintan á menudo. Es sin embargo un material muy conveniente para objetos temporales, pero no puede recomendarse en aquellos que requieren duracion.

Todos los demas metales no se usan por el arquitecto ó ingeniero en razon de su costo y falta de fuerza ó duracion, y así no hay para qué describirlos.

201. Las tablas siguientes del peso determinado de los pernos de hierro, cuadrados, planos y redondos, serán muy útiles al ingeniero para estimar la obra que se ejecuta, y calcular el peso ó valor de lo ya hecho. Los pesos se dan por piezas, cada una de 10 pulgadas de largo, que es mejor que por cada pié, porque esto exigiria en muchos casos grandes fracciones, y despues de todo

quedar sujeto á error al extenderlo á grandes cantidades desde las unidades pequeñas. Esta objecion es menor para los 10 piés, y el peso de 1 pié solo, ó de cualquier cantidad por pequeña que sea, se obtendrá de las tablas tomando la décima parte del peso allí determinado, ó dividiendo cualquier peso por una cantidad que tenga la misma proporcion relativa con 10 piés que la cantidad que se desea (nota 68).

202. TABLA *del peso aproximado de las barras ó planchas de hierro de 10 piés de largo.*

(*Medidas inglesas.*)

PULGADAS.	Cwt.(*)	Cuart.(**)	Lib.	PULGADAS.	Cwt.	Cuart.	Lib.
$6 \times 3/4$	1	1	15	$4 \times 5/8$	0	3	1
$5/8$	1	0	13	$1/2$	0	2	12
$1/2$	0	1	19	$3/8$	0	1	24
$5\frac{1}{2} \times 3/4$	1	1	1	$3\frac{3}{4} \times 3/4$	0	3	12
$5/8$	1	0	6	$5/8$	0	2	24
$1/2$	0	3	10	$1/2$	0	2	8
$5 \times 3/4$	1	0	13	$3/8$	0	1	20
$5/8$	0	3	23	$3\frac{1}{2} \times 3/4$	0	3	5
$1/2$	0	3	2	$5/8$	0	2	18
$4\frac{3}{4} \times 3/4$	1	0	10	$1/2$	0	2	4
$5/8$	0	3	19	$3/8$	0	1	16
$1/2$	0	2	25	$3\frac{1}{4} \times 3/4$	0	2	27
$3/8$	0	2	5	$5/8$	0	2	14
$4\frac{1}{2} \times 3/4$	1	0	4	$1/2$	0	1	27
$5/8$	0	3	13	$3/8$	0	1	14
$1/2$	0	2	21	$3 \times 3/4$	0	2	22
$3/8$	0	2	11	$5/8$	0	2	8
$4\frac{1}{4} \times 3/4$	0	3	25	$1/2$	0	1	23
$5/8$	0	3	7	$3/8$	0	1	10
$1/2$	0	2	17	$2\frac{3}{4} \times 3/4$	0	2	14
$3/8$	0	2	0	$5/8$	0	2	2
$4 \times 3/4$	0	3	19	$1/2$	0	1	20

(*) Este signo representa el peso de 112 libras (hundred weight) ó 110,4 libras españolas.

(**) Una cuarta parte de cwt ó 28 libras.

PULGADAS.	Cwt.	Cuart.	Lib.	PULGADAS.	Cwt.	Cuart.	Lib.
2 3/4 × 3/8	0	1	7	2 × 1/2	0	1	6
2 1/2 × 3/4	0	2	8	3/8	0	0	26
5/8	0	1	25	1 7/8 × 3/4	0	1	20
1/2	0	1	15	5/8	0	1	12
3/8	0	1	4	9/16	0	1	9
2 1/4 × 3/4	0	2	5	1/2	0	1	5
5/8	0	1	23	3/8	0	0	24
1/2	0	1	10	1 3/4 × 3/4	0	1	17
3/8	0	1	1	5/8	0	1	10
2 1/8 × 3/4	0	2	2	9/16	0	1	5
5/8	0	1	18	1/2	0	1	2
9/16	0	1	14	3/8	0	0	23
1/2	0	1	9	1 1/2 × 3/4	0	1	11
3/8	0	1	0	5/8	0	1	3
2 × 3/4	0	1	24	9/16	0	1	0
5/8	0	1	15	1/2	0	0	22
9/16	0	1	11				

203. Tabla *del próximo peso de* 10 *piés de largo de las barras cuadradas de hierro.*

(*Medidas inglesas.*)

PULGADAS cuadradas.	Cwt.	Cuart.	Lib.	PULGADAS cuadradas.	Cwt.	Cuart.	Lib.
3	2	3	0	1 5/8	0	3	2
2 7/8	2	2	3	1 1/2	0	2	21
2 3/4	2	1	8	1 3/8	0	2	11
2 5/8	2	0	11	1 1/4	0	1	25
2 1/2	1	3	18	1 1/8	0	1	15
2 3/8	1	2	24	1	0	1	6
2 1/4	1	2	5	7/8	0	0	26
2 1/8	1	1	14	3/4	0	0	19
2	1	0	25	5/8	0	0	13
1 7/8	1	0	8	1/2	0	0	8
1 3/4	0	3	21				

Todo hierro cuadrado menor que de ½ pulgada de lado se llama

varilla de clavos, y se vende en lios de 5½ piés de largo, conteniendo cada uno 112 libras de peso inglesas ó 110,4 españolas.

204. Tabla *del próximo peso de* 10 *piés de perno, ó hierro redondo.*

(*Medidas inglesas.*)

PULGADAS de diámetro.	Cwt.	Cuart.	Lib.	PULGADAS de diámetro.	Cwt.	Cuart.	Lib.
3	2	0	18	1 5/8	0	2	16
2 7/8	1	3	22	1 1/2	0	2	3
2 3/4	1	3	6	1 3/8	0	1	24
3 5/8	1	2	17	1 1/4	0	1	14
2 1/2	1	1	23	1 1/8	0	1	5
2 3/8	1	1	11	1	0	0	27
2 1/4	1	0	24	7/8	0	0	20
2 1/8	1	0	9	3/4	0	0	14,7
2	0	3	24	5/8	0	0	10,2
1 7/8	0	3	9	1/2	0	0	6,54
1 3/4	0	2	26	3/8	0	0	3,68

205. Toda pieza cilíndrica de metal, sea de hierro, de acero de bronce, de cobre &c. menor de ⅜ de pulgada de diámetro, se llama alambre, y se mide y describe pasándolo dentro de un instrumento llamado peine, aforo ó medida que se reduce á una plancha delgada y llana de acero duro, con cierto número de dientes en sus bordes, todos disminuyendo de tamaño en lo largo y numerados en regular sucesion; de modo, que en cualquiera dentadura en que caiga dicho alambre, el número que aquella tiene será el que corresponde á esta. El peine ó medidor de alambre es una plancha costosa, porque requiere hacerse con mucho cuidado, para que los peines de diferentes sitios y aun paises, puedan serlo de todos igualmente; y así nombrando el número de cualquier alambre á un corresponsal distante, ya conoce su tamaño, si posee un peine semejante. El espesor de la plancha de metal se designa y describe tambien por el número del mismo peine. La indentacion número 1.º podrá ser de $\frac{3}{10}$ de pulgada inglesa ó 3,94 líneas españolas de ancho, ó medirá un alambre de este diámetro ó plancha de este grueso. El número 6 es $\frac{2}{10}$ ó 2,62 líneas ancho; el número 13

de $\frac{1}{10}$ ó 1,31 líneas; el número 19 de $\frac{1}{20}$ ó 0,66 líneas; el número 24 de $\frac{1}{30}$ de pulgada ó 0,44 líneas, y así en adelante.

206. Como las cadenas de hierro se usan por los ingenieros para varios objetos, se da la tabla siguiente de sus pesos.

Tabla *del peso de una yarda de cadena de grúa hecha del mejor hierro forjado.*

(*Medidas inglesas.*)

Diámetro del hierro redondo ó cabilla que forman los eslabones tomados en pulgada.		*Diámetro del hierro.*	
$^1/_4$ de pulg.	$3^1/_4$ lib.	$^{15}/_{16}$ de pulg.	27 lib.
$^3/_8$ »	$4^1/_4$ »	1 »	32 »
$^7/_{16}$ »	$6^1/_2$ »	$1^1/_{16}$ »	37 »
$^1/_2$ »	8 »	$1^1/_8$ »	41 »
$^9/_{16}$ »	10 »	$1^1/_4$ »	50 »
$^5/_8$ »	12 »	$1^3/_8$ »	62 »
$^3/_4$ »	16 »		
$^7/_8$ »	23 »		

CAPITULO II.

SOBRE LA DURACION Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.

SECCION I.

De la duracion de los materiales.

207. Dadas en el capítulo anterior todas las noticias y detalles concernientes á los diferentes materiales que se emplean en la fabricacion de los edificios y en la construccion de máquinas, toca ahora investigar su duracion y consistencia, é inquirir el modo de aplicarlos en el lugar que han de ocupar en las obras; porque hasta que el ingeniero no adquiera los conocimientos necesarios sobre estos puntos, no podrá emplear útilmente los materiales.

208. La duracion de estos no puede determinarse, y solo se conoce sometiéndolos á la prueba, de la que se sacan deducciones generales. Por este medio se sabe que un poste ó madero de pino enterrado, se pudre pronto, mientras que un buen cedro nacido en terreno pantanoso dura mucho tiempo; de lo que se deduce que el primer material es poco á propósito, y no debe servir para este objeto; cuando el segundo ú otro parecido puede emplearse en su lugar. Ademas, la experiencia ha demostrado que hay ciertas clases de piedra y de ladrillos por su naturaleza indestructibles, bien se coloquen bajo de tierra, ó bien á la intemperie, mientras que otras se reducirán á polvo, ó caerán hechas astillas si se exponen á las heladas; de consiguiente las segundas no deberán emplearse sino en obras interiores, ó en aquellas que no estan expuestas á la intemperie.

209. Sería imposible dar reglas para todos los casos, y solo los conocimientos que el ingeniero ó constructor haya adquirido con la experiencia, deben servirle de guia en la eleccion y disposicion de los materiales. Sin embargo las observaciones siguientes no dejarán de ser útiles y provechosas.

210. Los principales agentes que la naturaleza emplea para efectuar la destruccion son el *calor*, el *agua* ó la *humedad*, las *heladas*, el *viento* y la *electricidad*; de consiguiente, deben hacerse todos los esfuerzos posibles para impedir sus efectos.

211. El calor opera ejerciendo su influencia de dos modos á la vez: primero, incendiando ó consumiendo las materias, y segundo, dilatando las dimensiones, haciendo perder así la forma y figura, y resecando completamente por medio de la evaporacion de los jugos naturales, ó bien despojándolas de cualquiera humedad que contengan, haciéndolas de este modo mas absorbentes de lo que son en su estado natural. Para que el calor cause este último efecto, no es necesaria la presencia ó proximidad del fuego artificial: basta solo con el calor del sol, cuando las sustancias ó materiales se hallan bajo su influencia, y así como el frio contrae todo lo que está en contacto con él, del mismo modo los cámbios de temperatura que anual y diariamente ocurren, alteran constantemente las dimensiones de las cosas.

212. Este primer efecto del fuego debe hacer precavido al constructor en la direccion y formacion de chimeneas; deberá pues poner mucho cuidado que estas no esten en contacto con las maderas del techo, ó cualesquiera otras del edificio: por lo que esta ú otra materia conbustible no debe emplearse interior ni exteriormente en su construccion, ni colocarlas tan inmediatas que pueda dañarlas el calor. En Lóndres se dictaron disposiciones legislativas para precaver los males ocasionados por el fuego. Una acta del Parlamento, llamada *acta sobre fábricas*, aprobada en 1774, no solo designa el grueso y solidez de los muros, sino que contiene otras muchas disposiciones tan útiles como precautorias para impedir los fuegos. La misma acta fue aprobada, aunque con algunas alteraciones, en Boston en 1818. En ella se prohibe toda fábrica de madera en las ciudades respectivas, exceptuando algunos casos particulares, comprendidos en límites bien estrechos. Dispone que en lo sucesivo se fabriquen todas las casas de ladrillo, piedra ú otra materia incombustible; que todos los techos se cubran con pizarra, teja ó algun metal; que nada inflamable se emplee en su construccion; que entre las casas inmediatas los muros de division sobresalgan á sus respectivos techos, de manera que estos queden interrumpidos, ó sin comunicacion. Aun á mas se extiende el acta de Lóndres; dispone, que las chimeneas se formen ó construyan en los muros divisorios, y que en ellos no se formen huecos ó aberturas por donde puedan comunicarse, ni se coloquen ó introduztan maderos, á menos que con antelacion no se haya formado una obra de ladrillo de un grueso suficiente en el que se cubran sus cabezas é impida la comunicacion del calor; de consiguiente, solo los cuartones se colocan de este modo, pues las vigas ó viguetas corren del fondo hácia el frente, ó paralelas á los muros divisorios. El resultado de esto es que si alguna de las casas se incendia, corre poco ó ningun peligro la inmediata. En las casas modernas de Filadelfia donde se cree que no existen tales reglamentos, estan igualmente en uso los muros divisorios; pero si las casas se hallan en el antiguo estado, ó han sido fabricadas por un mismo dueño, nada tiene de extraño que las alfardas de los techos atraviesen por medio de los muros divisorios y se extiendan de una á otra casa, así como los tejados cubiertos de ripia ó tejamaní, que uniformemente se extienden sobre muchas casas, facilitando de este modo la comunicacion al fuego. Para impedir el paso de este por entre los ladrillos si se incendiara la chimenea, las juntas de estos deben estar bien unidas y cubiertas de mezcla, y el interior de dicha chimenea bien revestido. Este revestimiento tapa las grietas y aberturas por las cuales pudieran pasar las chispas ó las llamas, y quedando las caras ó superficie interior de la chimenea mas lisa é igual, se facilita la subida del humo.

213. La expansion y contraccion de los materiales causadas por el calor y el frio, son efectos naturales que no pueden precaverse sino cuando las circunstancias no impiden que aquellos que se hallen mas expuestos á su influencia, puedan cubrirse con ladrillo, piedra, madera ú otro mal conductor del calor, ó que lo trasmiten imperfecta ó pausadamente, pues entonces no experimenta tanto daño. Aquellas sustancias que con mayor rapidez trasmiten el calor, son tambien las que se ven mas expuestas á experimentar la expansion y contraccion. No hace el mayor efecto en las piedras ó ladrillo, en la mezcla ó en la tierra; mas no así en los metales, en los cuales causa uno notable, principalmente en la construccion de puentes de hierro ó en cañerías dilatadas del mismo metal, pues dado caso que sea tan pequeña la alteracion que no se pueda percibir en un solo tubo ó cañon de 9 piés de largo, se manifestaría sin embargo en una cañería de 500 varas, en las que el calor ejerce su poder en todos los tubos, haciendo tal efecto, que con frecuencia se rajan y aun revientan los de mayor solidez. Varios casos podrian citarse, en que se han empleado barras de hierro de 6 piés

de largo en muros de cantería, que despues de emplomados para mayor firmeza y seguridad, se han aflojado sus cabezas, y la parte de la piedra que estaba inmediata al plomo se ha desmenuzado, como si se hubiese hecho con un martillo. Sin embargo, solo los metales estan expuestos á tales inconvenientes.

214. Otra especie de expansion ó contraccion experimentan frecuentemente los cuerpos que no son metálicos, provenida de sus propiedades higrométricas, bien sean húmedos ó bien secos, perteneciendo esta propiedad especialmente á ciertas clases de madera. Esta no sufre alteracion mayor en la extension de sus fibras; pero sí es muy notable la que experimenta en la direccion opuesta ó trasversalmente. La madera así como la mayor parte de las sustancias vegetales se contraen hasta cierto punto cuando estan secas, y engruesan ó se dilatan poco mas ó menos hasta adquirir sus primeras dimensiones cuando se mojan y humedecen. Esta propiedad es la que dá tension y fortaleza á los toneles, pipas, cubos y tinas para conservar agua, y la que en tiempo húmedo hace unir las juntas de las tablas con que se construyen los suelos, ó por el contrario las separa y contrae en tiempo de seca. Estos efectos en la materia vegetal van disminuyendo con el tiempo, y deben precaverse dejándola que adquiera la correspondiente sazon, para cuyo efecto se tiene guardada mucho tiempo antes de servirse de ella.

215. El agua, ó mejor dicho, la humedad, es la causa principal del menoscabo y decadencia de los materiales. Obra como disolvente si la sustancia contiene algo soluble, y de este modo, ó por movimiento del agua, parte del material se evapora. Tambien obra químicamente, cuando produce fermentacion ó há lugar á la descomposicion ó decadencia, comunmente llamada putrefaccion, que favorece la vegetacion de cierto *fungus* ó plantas parásitas que destruyen su testura, y concluyen por destruirlas. Sin embargo de haber atribuido al agua esta propiedad, pertenece mas propiamente al agua y al aire á la vez; pues ni el uno ni el otro elemento obra con fuerza y rapidez cuando se les separa. Así es que una pieza de madera buena y sana, ó una barra de hierro, aunque se exponga al aire libre, con tal que este no contenga partícula alguna de humedad, se conserva muchos siglos sin experimentar la menor lesion; y como prueba de esta verdad puede citarse el techo de Westminster Hall, en Lóndres, uno de los salones mayores de Europa, que se conserva intacto á pesar de haber sido construido en 1397 por Ricardo II. Es de construccion gótica, sin cielo raso,

y por todas partes en contacto con el aire exterior. El hierro y la madera serían de una duracion prodigiosa si se mantuviesen constantemente debajo del agua; esta verdad se vió demostrada en el derribo del puente viejo de Lóndres en 1830, pues concluido el nuevo y abierto al público, casi todas las estacadas que sirvieron para el antiguo, construido por los años de 1176 y 1200, estaban nuevas y aun habian adquirido mayor dureza; pero si la madera y el hierro se humedecen y enjugan momentáneamente y en distintas ocasiones, la primera se pudrirá á los pocos años, y el segundo se cubrirá inmediatamente de moho que gradualmente lo corroerá y acabará por destruirlo. Cuanto mas pronto se ocurriere á enjugar una sustancia que haya sido humedecida, tanto menos detrimento experimentará; de lo que se infiere, que mientras mas tiempo retenga aquella la humedad, mayor será el daño que experimente. Los postes de madera y los de hierro fallan por lo regular por su fogonadura, y esto es debido á la humedad de la tierra, ó á la que haya accidentalmente en un suelo horizontal ó plataforma; pues tambien esta humedad ayuda á la destruccion. Si en una columna de madera se elevan el plinto y demas adornos por la parte exterior, y se introduce el agua en las juntas, en estas será donde se verifique la corrupcion; mientras que la parte superior que está expuesta al aire se conservará ilesa. Causa de esta decadencia ó putrefaccion es la atraccion capilar que retiene el agua ó humedad que se introduce ó absorbe, dando de este modo mas tiempo para que opere y cause mayor daño del que sufririan estando descubiertas; porque entonces se podrian enjugar oportunamente. Por la misma razon, los umbrales de las casas de madera, los piés de las vigas y espigas que entran en las escopleaduras, se pudren mas pronto que las demas partes expuestas al aire libre.

216. El calor del sol al secar ó dilatar la madera, la hace mas absorbente de lo que es por naturaleza; y si no se extrae el agua que absorbe, dificilmente dejarán de producirse los peores resultados. El grande objeto que se trata de obtener con la pintura al óleo, es mas bien el de la conservacion que el del adorno; pues si la pintura es buena, despues de seca forma una capa impenetrable al agua ó la humedad, por lo que sus propiedades y utilidad son bien conocidas. De aquí, pues, no deber pintarse ningun objeto hasta que no se despoje de toda la humedad que contenga; porque de lo contrario la pintura con dificultad se adhiere, y lejos de ser útil, encerrará y conservará la humedad.

217. Los efectos nocivos de la humedad, no solo se experimentan en las obras de madera, sino que se extienden á los ladrillos, piedras, y á todas las cosas absorbentes, y con mas particularidad si son á la vez solubles. Sin embargo, los cuerpos experimentan mayores daños con la accion del frio y las heladas, siendo peores las consecuencias si aquellos materiales conservan alguna humedad, porque el agua al congelarse se cristaliza y ocupa mayor espacio que cuando se halla en su estado natural de fluidez, y la fuerza con que se verifica la expansion es tan grande, que basta para reventar los tubos conductores de agua mas reforzados, suspender lienzos de pared, y trastornar el órden, estado y condicion de los cuerpos mas pesados. De modo, que si á cualquiera obra de ladrillo, cantería, alfarería, y aun de madera, si es absorbente las sobrecogen ó atacan las heladas cuando estan húmedas, experimentarán grandes daños reventándose ó partiéndose, y si esto no se verifica en ellas en el momento, quedarán siempre en tan mala disposicion que cederán al menor esfuerzo, ó al menos la superficie quedará en disposicion que favorezca y dé paso á la destruccion; de consiguiente, los ladrillos ó piedras muy absorbentes, no deben emplearse exteriormente ni en los cimientos de las obras.

218. Esta experiencia demuestra lo aventurado que es emprender cualquiera obra externa, bien sea de ladrillo, ó mampostería, ó bien cuando hubiere de emplearse el yeso durante las heladas; pues si el agua que necesariamente debe invertirse para hacer la mezcla llega á congelarse antes de secarse esta, se desmenuzará indudablemente, y perdiendo su fuerza y consistencia nunca se obtendrá una buena trabazon.

219. Para impedir los perniciosos efectos de la putrefaccion, no se ha conocido agente mas poderoso que el carbon; y así con frecuencia se ve quemar la parte de los postes ú horcones que ha de ir clavada en tierra. Sin embargo, es un error cuando solo se queman superficialmente, como por lo general se hace, pues para que surta el efecto que se propone, la capa de carbon ha de ser de grueso considerable.

220. La sal de mercurio llamada sublimada, sublimado corrosivo (bichlórido de mercurio) (nota 69), se sabe tambien es poderoso preservativo contra la decadencia, y precave la putrefaccion seca, uno de los mayores inconvenientes ú obstáculos que tiene que vencer el carpintero. Por esto se usa aquella sal generalmente en la construccion de buques, y se cree que produce los mejores resultados. Debe tenerse presente que el sublimado corrosivo es un veneno activo, y que por lo tanto se ha de usar con mucha precaucion. Se disuelve 1 libra de esta sal en 5 galones de agua (10 azumbres), ó en una porcion equivalente, en un tanque de ladrillo ú otro material, bien zulaqueado; en esta legía se sumerge la madera que se quiere conservar, dejándola en ella hasta que quede bien saturada, en seguida se saca y pone á secar al aire, y despues se puede ya usar segun se quiere (nota 70).

221. La putrefaccion *seca* es un mal que ataca á la madera, y que rara vez se manifiesta, á menos que no se coloque en parajes húmedos, y se la prive del aire libre. Así se ve con frecuencia, ocurrir este mal en las cabezas ó extremos de las vigas y cuartones que se colocan en paredes húmedas, y muy á menudo acontece este daño á los buques en cuya construccion se han empleado ligazones multiplicadas, impidiéndose así la ventilacion y renovacion del aire exterior. Aunque la *putrefaccion seca*, al parecer, no se verifica sin el auxilio del agua ó de la humedad, sin embargo, sus efectos y apariencia no son los mismos que se notan en la putrefaccion causada por el agua. En el primer caso, anuncia aquella su presencia en la madera por medio de protuberancias parecidas á búrbujas ó ampollas, con grietas en los intermedios de unas á otras, de que se cubre la superficie; pero sin ninguna apariencia de humedad: en este estado, no solo pierde la madera toda su fortaleza, sino que se deshace en polvo de un color moreno y cae en el suelo al menor toque. La madera toma un color mas oscuro cuando se halla dañada de este modo, y adquiere un olor semejante al de los hongos ó setas. Esta putrefaccion tiene la propiedad de extenderse con la mayor rapidez luego que se manifiesta, y prontamente comunica el contagio á toda la que esté á su alcance, si con anticipacion no se ocurre á evitar este mal; y es tal su influencia, que si se traslada un madero infestado á muy larga distancia, lo comunica á toda la madera húmeda con que se ponga en contacto: de modo que cuando se nota la presencia de este mal debe ocurrirse prontamente á impedir sus progresos, y cortar toda aquella parte dañada, exponiéndola lo mas pronto posible al aire libre, ó secándola por medio de cualesquiera otra operacion. Creíase anteriormente que la putrefaccion seca provenia del uso de la madera recien cortada, que contenia como debiera esperarse, sus juegos naturales, que se disipan con la sazon, y no hay duda que si esta causa no contribuye á producir el mal, al menos en cierto modo

lo favorece; pero está probado que este daño lo ocasiona una planta parásita de la familia del hongo, seta ú hongo lagrimoso, (boletus lachramans), que vegeta en los maderos agotándoles sus jugos y vigor: esta planta requiere cierto grado de humedad para producirse y sostenerse, por cuyo motivo solo se encuentra en los lugares naturalmente húmedos: no tiene la misma forma y apariencia del hongo comun; viene á ser un conjunto ó tejido de ramas que se extienden hasta cierta distancia, de mucha tenacidad y firmeza, y muy parecidas á ciertas plantas ó yerbas marinas extendidas sobre una tabla ó papel: estas ramificaciones que son de color pardo oscuro ó moreno, se adhieren fuertemente á la madera; no levantan sus ramas sobre la superficie, las cuales suelen adquirir un color hermoso y agradable á la vista, pero que destruyen á la vez todos los objetos sobre los cuales llegan á fijarse. La sequedad, bien sea ocasionada por el calor ó bien por medio de la evaporacion auxiliada por la libre circulacion del aire, destruye á esta planta é impide su presencia ó vegetacion, y es por consiguiente el mejor remedio que debe adoptarse para alejar ó destruir á este terrible enemigo de toda obra de madera. Todo aquello que sea igualmente contrario, ó destruya el poder vegetativo de la madera, es igualmente á propósito para precaver este daño; así, se ha ocurrido, y con muy buenos resultados, á la inmersion de la madera en alquitran hirviendo ó en salmuera fuerte hecha con sal comun ó vitriolo; pero por los experimentos hechos recientemente en el arsenal de Deptford cerca de Lóndres, está decisivamente probado que nada de lo que hasta aquí se ha hecho para lograr tan útil objeto, ha sido tan eficaz como la solucion del sublimado corrosivo de que se habló; pues las maderas que preparadas del modo dicho han sido colocadas en subterráneos húmedos al lado de otras en su mayor grado de putrefaccion, se han conservado sin embargo tan enteras y sanas como cuando allí se colocaron la vez primera.

222. Los efectos del viento se evitan por la fuerza ó por la forma que se da á los objetos, de modo que aquel no pueda combatir contra un lado ó superficie plana. Así es, que el fuste redondo ó cilíndrico de una columna resiste mas bien la impetuosidad de un viento fuerte, que el cuerpo de forma cuadrada de una chimenea de las mismas dimensiones; porque en cualquiera direccion que el viento sople contra un cilindro, dá con una superficie redonda que lo divide y presenta una accion oblicua: si el fuste fuera cuadrado, y el viento soplara perpendicularmente contra uno de

sus lados, su fuerza sería mucho mayor; pero esta se disminuirá considerablemente si bate contra uno de sus ángulos: por esto, las cúspides de las torres jamás se construyen en forma de pirámides cuadradas y sí polígonas, y aunque redondas serían mas fuertes, no aparecerían tan lucidas y hermosas. Así se ve que las torres fanales, que no requieren estas cualidades, se construyen redondas disminuyendo de diámetro ó con pendiente hacia el extremo superior. Al emprender cualesquiera obra deben calcularse y precaverse los efectos del viento, así como los del peso ó de cualquiera otra fuerza, pues de lo contrario, toda se destruiria cuando menos se esperase. Uno de los principales objetos de las ligaduras en las obras de carpintería, de lo que se hablará despues, es resistir la accion del viento.

223. La electricidad obra de dos modos; unas veces se muestra bajo la terrible forma del rayo, y constantemente contribuyendo ó favoreciendo la descomposicion ó putrefaccion de las casas por medio de una dilatada ó invisible influencia de accion galvánica. Los rayos solo pueden precaverse por medio de conductores de hierro ó de cobre, que sobresaliendo á los edificios deben descender sin interrupcion hasta la tierra, y penetrando en ella llevarlos mas alla de los cimientos, cuidando siempre que toquen algunos piés mas abajo de estos, y que el terreno esté constantemente húmedo en todas las estaciones del año; pues la tierra húmeda es excelente conductor de la electricidad y facilita prontamente su salida. Estos conductores ó pararayos deben ser de una magnitud tal, que puedan recibir toda la cantidad de electricidad, sin que se fundan, como asimismo debe asegurarse de su duracion, y que no se destruyan con demasiada presteza por el moho ú oxidacion. Ningun pararayo debe tener menos de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro; todos los que comunmente se usan son de 1 pulgada, y estos son preferibles. Ambos extremos, superior é inferior, deben rematar en punta, porque es bien sabido que la electricidad entra y sale mas fácilmente por los parages que tienen esta, y no otra cualquiera forma. Como la punta superior está siempre expuesta á la intemperie, há por consiguiente de menoscabarse ó fundirse con una descarga eléctrica; así debe precaverse el daño y formar este extremo ó punta de una materia ó sustancia conductora que sea permanente é indestructible: el *carbon* por ejemplo, el *lapiz plomo* (carbureto de hierro) y el *metal platina* (metal platinum) son pues, los mas á propósito, y sobre todo el último, pues la porcion de platina que se requiere

para el efecto, es muy corta, y por consiguiente el costo será de poca entidad. Ya que los pararayos no se pueden conseguir de una sola pieza del largo que se requiere, se ensamblan las piezas ó cabillas sueltas, si son de hierro, y si de cobre se entornillan unas en otras, método que se ha adoptado recientemente. Si los conductores ó pararayos son de hierro, que es el metal que mas comunmente se emplea para este efecto por mas barato, debe tenerse cuidado que la parte que se introduzca en tierra hasta 4 piés de su superficie, sea de cobre, pues por este medio se evitan las fatales consecuencias y daños si aquella se destruye por el moho ú oxidacion. Requiérese igualmente una continuidad pefecta en los conductores: esta es circunstancia de la mayor importancia, pues el rayo nunca daña sino cuando descarga sobre un conductor imperfecto, ó cuando tiene que precipitarse ó saltar, digámoslo así, de una en otra sustancia conductora. Si un edificio que carece de pararayos sufre una de estas terribles descargas, se nota que lo primero que ataca es el plomo, cobre, hierro ú otro metal que encuentra en los tejados ó techos, fundiéndolos ó destrozándolos; de ellos pasa al azogue que contienen los espejos; á las hojas de las chimeneas; á las cerraduras, aldabas, goznes ó á cualquiera otro objeto de metal que encuentra al paso, y si estos objetos los separa alguna obra de madera seca, ladrillo ó piedra por donde tenga que forzar el paso, rara vez deja de destruirlos, desmenuzándolos; pues al paso de un conductor á otro es cuando ejerce toda su violencia.

224. Es bien sabido que en cualquiera obra en que se ha empleado el hierro, bien sea en enrejados, bien para la union y seguridad de las piedras, fijándolo con el plomo para mayor firmeza, se pierde aquel y se destruye mas prontamente expuesto al aire que si le colocara en cualquier otro lugar. Del mismo modo, los buques en cuya construccion se han empleado los pernos de hierro no pueden forrarse en razon á la pronta oxidacion de dichos pernos, y por consiguiente deben usarse los de cobre para poder verificar aquella operacion sin riesgo alguno. Nadie habia sospechado que fuese esto efecto de la electricidad, hasta que por los exámenes galvánicos recientemente hechos, se vino á descubrir, que cuando se ponen dos metales cuya suceptibilidad á la oxidacion es diferente, en contacto al mismo tiempo con el agua ó con alguna solucion salitrosa, el metal mas propenso á oxidarse, se disuelve y desaparece. Se forran los buques de cobre para guarecerlos y protegerlos contra un insecto marítimo, que taladra y destruye sus

maderas, pero que no puede penetrar el metal. Sin embargo, el cobre se menoscaba por la friccion de la sal que contiene el agua del mar, que lo corroe y destruye fácilmente, de modo que se hace preciso el renovarlo.

Sir Humphrey David aplicó ingeniosamente este principio de electricidad á la conservacion del forro de cobre de los buques: para ello soldó una planchuela de zinc á cada hoja de cobre; y como aquel se oxida mas fácilmente que este, creyó que el agua salada obraria mas bien en el primero que en el segundo, y por consiguiente se conservaria este último con una corta cantidad de zinc del mas inferior. La experiencia que se hizo al efecto corroboró lo acertado de sus conjeturas, pues el cobre se mantuvo limpio y libre de toda oxidacion por medio de los conservadores de zinc, mientras estos duraron. Sin embargo, este brillante resultado de las indagaciones científicas para objetos de utilidad pública, nada produjo por causas que David no previó. Cuando se hace uso del cobre sin que se le proteja, se oxida adquiriendo su superficie un color verde, que es el óxido ó muriato de cobre: este y otras sales con que se forman, son de sabor y naturaleza acres y ponzoñosas, é impiden por esta razon que se adhieran á él las ostras y demas animales marinos. Mas habiéndose entonces limpiado el cobre de toda oxidacion por medio de los preservadores de zinc, y desaparecido toda sustancia venenosa, se vió que las ostras, almejas, y toda especie de crustáceos se adherian á los fondos de los buques, en tan grande número, que en la navegacion retardaban su marcha considerablemente, y adheríanse con tal firmeza y union, que no podian despegarse sin riesgo de llevarse el cobre tras de sí. Cualquiera que esté enterado y conozca la naturaleza y condiciones que debe tener un buque de vela, sabe que su mayor perfeccion consiste en lo llano y liso de la superficie por su parte inferior, ó bien sea la que queda debajo de agua; y solo por esta causa se abandonó el método de Mr. H. David para conservar el cobre.

225. El hierro se pinta para preservarlo de los efectos del tiempo; el principal ingrediente en esta pintura es el albayalde ó carbonato protóxido de plomo reducido á polvo y despues molido con aceite de linaza. Por los experimentos recientemente hechos, parece que el óxido de un metal no es el mas á propósito para emplearlo en otro como cubierta conservadora, pues en este caso ocurre una descomposicion galvánica semejante á la que ya llevamos referida; y que las tierras tales como el ocre, bol, sulfato de bari-

ta (nota 71), carbon animal ó negro de marfil, son las mas adecuadas para lograr aquel fin. El asfalto (nota 72) es una sustancia negra soluble y bituminosa, que tambien sirve de excelente cubierta al hierro, y queda cuando seco con un brillo semejante al del barniz.

226. La humedad es, como ya se ha demostrado, la enemiga mortal de la duracion de los materiales por haberlos dejado mojar y enjugar alternativamente; así pues, debe siempre evitarse que ocurran tales accidentes, único modo de conservarlos. Por esta razon toda obra de madera, hierro ú otro metal, y principalmente aquellas que de continuo están expuestas á la accion de la atmósfera, deben cubrirse con una pintura oleosa bien cargada, ó con alquitran, brea ú otra sustancia capaz de resistir á la intemperie. Todos los techos y paredes deben construirse lo mas llano y liso posible, evitando las salidas y cavidades que puedan retener el agua.

227. Aunque la operacion de picar las paredes ó quitarles la torta vieja para repellarlas y sacarlas á plano de nuevo, contribuya muy poco á su fortaleza, sin embargo se sabe que las conserva y propende á su duracion. Tambien es bien sabido, que la mezcla vieja es porosa, y de naturaleza tan absorbente, que conserva la humedad por mucho tiempo, y que las puntas ó cantos salientes de los ladrillos ó ripios de una pared desnuda, recogen el agua que necesariamente filtra en los muros; por esta causa la mencionada operacion es muy necesaria y útil para por su medio cubrir estas asperezas logrando formar una superficie perfectamente plana, sobre la cual pueda correr el agua con facilidad y sin tropiezo. Por la misma razon, á todas las maderas de mucha dimension que hayan de quedar expuestas á la intemperie, debe dárseles por la parte superior la forma de caballete ó angular, semejante á la de los caballetes de casas, y de altura tal que puedan las aguas escurrirse con facilidad, lo que no se podria lograr si dicha parte superior fuese plana.

SECCION II.

De la fuerza absoluta de los materiales.

228. Se entiende por fuerza absoluta la resistencia que cualquier cuerpo es capaz de oponer, así al cambio de forma, como á dilatarse; ó bien á la fractura ó rotura cuando se somete á una fuerza conocida y directa, y esta obrare igualmente en direccion de la línea recta.

229. Esta materia se divide naturalmente en tres partes: primera: El peso ó carga que cualquier cuerpo puede sostener sin astillar ó romperse. Segunda: El peso ó carga que cualquier material puede resistir, si se le suspende ó cuelga de él. Tercera la fuerza de torsion ó la fuerza que se requiere para retorcer ó quebrar una barra sujeta por un extremo, mientras que por el otro se aplica la fuerza como tangente de un círculo, supuesta perpendicular al eje de la barra y considerando este eje como centro.

230. Estos tres casos, que constantemente ocurren al ingeniero, se ilustrarán con los ejemplos siguientes: Primero: Supóngase que haya de construirse un pilar ó una columna; se principia por supuesto desde su fundamento, y las piedras que han de servir de cimiento ó base, son las que primeramente se colocan en su correspondiente lugar; en seguida van colocándose hiladas de piedra sobre esta base ó cimiento, y cada una de éstas piedras es un aumento de peso que va progresivamente gravitando sobre él. Ahora bien, supongamos que estas hiladas de piedra vayan amontonándose unas sobre otras, y que al fin el peso sea tan enorme que no pueda resistirlo su fundamento ó base; la consecuencia es clara, toda esta se aplastará ó desmoronará; por consiguiente destruido así el fundamento, toda la obra perderá el equilibrio, y no pudiendo sostenerse en su posicion vertical deberá precisamente caer desplomada á tierra. Es, pues, de suma necesidad que el ingeniero ó arquitecto tenga algunas reglas por donde pueda proporcionar la resistencia de la base al peso que esta ha de cargar. Este principio no solo es aplicable á la columna, que ha servido como ejemplo, sino que lo es mas particularmente á los estribos de los puentes, en los que el peso superior es en proporcion mucho mayor que el de una

columna; y es igualmente aplicable á toda especie de columnas, casas ú otra cualquiera obra, en que el peso del material debe agregarse al peso que aquellas han de resistir.

231. Segundo: Todo peso que se levanta ó suspende por medio de cuerdas ó cadenas, ofrece un ejemplo del segundo principio; y es una operacion que siempre ocurre, pues todo cuerpo pesado destinado á colocarse en parages elevados, se suspende por medio de coyundas ó cuerdas; y si el Ingeniero carece sobre este punto de los datos y conocimientos necesarios, muy poca confianza deberá tenerse en estas cuerdas ó cadenas, pues podrian perecer los objetos antes de llegar al lugar á que se les destina, y peligrarian los individuos empleados en suspenderlos. Cuando los cuerpos hayan de trasladarse á una gran distancia, el peso de la soga ó cadena es un elemento que entra tambien en el cálculo, y debe agregarse al peso que se ha de sostener ó levantar. En el mineraje, principalmente, cuando la hoya ó concavidad es profunda, este cálculo es necesario, y de suma importancia. Así es que en la célebre mina de plata Valenciana en Guanajuato en el reino de Méjico, una de sus concavidades tiene 640 varas de profundidad, á la que se desciende por medio de cuerdas aplanadas de 4 pulgadas de ancho; cada vara pesa mas de cinco libras; por consiguiente, cuando esta cuerda se extiende, ó se deja caer hácia el fondo, el cilindro donde está atada tiene que sostener un peso de mas de 3200 libras ó tonelada y media, sin contar con el peso que puede llevar en su extremo inferior, que es por lo regular de una tonelada; de modo que el peso de la cuerda es mayor, en este caso, que el peso que sostiene. La fuerza de extension no se refiere solo á suspender los pesos, sino tambien á sostenerlos en su estado de inmovilidad, como vemos en techos y puentes levadizos, ó donde el peso de las plataformas ó caminos, y las cargas que pasan por ellos están sostenidos por cadenas ó barras de hierro arregladas al efecto. Se ven galerías y aun aposentos sostenidos de este mismo modo por los techos de los edificios que los contienen. El poder de adhesion de los clavos y de la cola, se considera tambien comprendido en este principio.

232. Tercero: Todo lo expuesto en el tercer principio ocurre diariamente en las máquinas de los molinos, en las que se han introducido las ruedas dentadas. Para el movimiento de rotacion puede ser el agente ó potencia una máquina de vapor, ó una rueda movida por el agua ú otra potencia que trasmite la fuerza al lugar de ope-

racion, ó inmediatamente, ó por medio de ruedas, que en ambos casos deben sostenerse valiéndose de grandes barras con pivotes ó quicios en sus extremos. Si el primer motor no tiene bastante fuerza para impeler ó mover la máquina en el extremo opuesto de la barra, esta no se moverá, y toda la fuerza del primer motor se invertirá en la torsion y rotura de la barra. O bien, si se mueve, y la máquina es bastante fuerte en todas sus partes para operar bien, pues que el movimiento y la fuerza se comunican siempre por medio de la *barra*, esta, mientras se mueve estará constantemente sujeta á una fuerza igual á la de la potencia de la máquina, bastante para torcerla ó romperla; por lo tanto, debe tener la fortaleza suficiente para resistir á esta accion.

233. Todos los conocimientos que se adquieren sobre estos puntos, solo se deberán á la experiencia, pues se saca muy poco ó ningun producto de la ciencia; porque la fuerza puesta en accion en todos los casos, solo depende de la coherencia, tenacidad ó inflexibilidad de los materiales que se emplean. Todo lo que la ciencia puede hacer para ayudar al ingeniero práctico, es enseñarle á elegir los materiales mas á propósito de que se debe servir; indicarle las pruebas que debe verificar para conocer su fortaleza y resistencia, por los medios mas adaptables y seguros; y recordarle fiel é imparcialmente el resultado de los experimentos, acompañados de una descripcion de los materiales, tal que pruebe su identidad, haciendo tambien mencion de la temperatura y demas circunstancias que concurrieron al verificar aquellas. Si una barra de hierro por ejemplo, ó una cuerda de cáñamo de cierto tamaño, puede resistir ó sostener sin romperse un peso determinado, debe naturalmente inferirse que otra barra ó cuerda igual á las anteriores, debe servir en todo tiempo para los mismos efectos, y que si se le pone un peso menor que aquel que causa el daño, hay motivos en que fundarse para confiar en su estabilidad y firmeza, pues muy bien puede decirse que está en proporcion el peso que se les pone, con el que se sabe que causa la rotura.

234. Así pues, todo lo mas que puede hacerse en auxilio del estudiante para ilustrar esta materia, es ponerle á la vista los resultados de los experimentos hechos con la mayor escrupulosidad y detencion, para que pueda tener confianza en ellos, y hacerle algunas observaciones aplicables á la construccion orgánica de los materiales, para que con estos conocimientos, pueda experimentar aquellos de que se ha de servir, y examinados, determinar si son

ó no, mas á propósito que los que han servido aquí de ejemplo.

235. Tratándose de las fuerzas puestas en accion debe tenerse presente, que se alude á la *pasiva* (quiecent), y no á la *concusiva*. Por la primera debe entenderse que el peso se acumula por grados ó se trasfiere paulatinamente al cuerpo que lo ha de sostener; por ejemplo, en la construccion de un muro ó columna, donde gradualmente van colocándose los materiales, y no se cargan de golpe, de modo que se les pueda dar un movimiento impulsivo, pues que su potencia se aumentaria considerablemente. Una piedra pequeña, cubierta con una tabla, puede resistir sin romperse, que se la vaya cargando gradualmente una tonelada de hierro ó cualquier otro material; pero si este mismo peso se deja caer súbitamente sobre la tabla, ó lo que es menos, si se aplica á la piedra un fuerte golpe con un martillo, aunque no pese mas de dos libras, sin duda que se desmenuzará ó se reducirá á polvo. En verdad, los efectos de la fuerza concusiva son tan diferentes de los causados por la pasiva, y la acompañan tan distintas circunstancias, que es imposible calcular el efecto de la primera con nada de lo que aparece como cierto y positivo en la práctica. Este raciocinio demuestra que los salones que expresamente se construyen para bailes, ó para establecer fábricas de cualquier objeto en que han de darse golpes ó sentirse conmociones y vibraciones, deben construirse con mayor solidez de la necesaria para sostener el mismo peso cuando este se aplica de un modo pasivo.

236. Pues que la fuerza absoluta de los materiales consiste en u coherencia y tenacidad, debe la fuerza graduarse en gran parte or la cantidad del material que se pone en accion, ó ser en razon e la superficie sobre que obra. De modo que si una piedra de na pulgada cúbica puede resistir ó sostener una cierta carga ó pe-), dos pulgadas cúbicas podrán resistir el duplo; de consiguiente fuerza está en proporcion á la superficie, ó lo que es igual en s mas de los casos, al cuadrado del diámetro. Así, pues, si un ozo de madera de una pulgada cuadrada puede resistir cierto pe-), uno de dos pulgadas resistirá el cuádruplo; uno de tres, nueve ntos mas &c., y esto no solo es aplicable á la fuerza de compresion, no que tambien alcanza á la de extension; de modo, que una rta diferencia en el diámetro produce otra bien grande en la erza que sostiene.*

237. Se examinarán primero algunos de los efectos causados por presion, materia á la cual tanto los hombres científicos como

los prácticos han prestado menos atencion que á las otras modificaciones de la fuerza aplicada á los materiales. Esto proviene probablemente, de la enorme presion que pueden resistir las sustancias de mayor fortaleza y consistencia antes de astillarse ó romperse; pues siendo la presion de tan gran magnitud, esta circunstancia induce á creer á muchos prácticos (aunque equivocadamente) que su fuerza es infinita. Galileo fue el primero que hizo investigaciones sobre esta materia, al parecer con exactitud rigorosa, y á él siguieron varios hombres eminentes. Pero por muy plausibles que hayan sido sus investigaciones, se reducen mas bien á teorías que á la práctica, como se verá mas adelante; pues carecen de solidez los resultados prácticos que solo se deducen de teorías, y no van fundados sobre experimentos bien dirigidos y cuidadosamente ejecutados, como no lo fueron los hechos en aquellos tiempos. El célebre naturalista Mr. Buffon fue uno de los primeros á quien se deben ensayos sobre distintas clases de madera; se hace mencion de ellos en los Anales de la Academia de Ciencias de París por los años de 1740 y 41, y serian los muy bastantes para dar las suficientes luces en la materia, si no hubiera omitido determinar la fuerza directa y absoluta de la madera de que se servia para el efecto. Sin embargo, puede inferirse por sus experimentos que la fuerza de las fibras leñosas está en proporcion con la gravedad específica de la madera. Muschembrock, cuya escrupulosidad y esmero inspiran confianza, hizo vários experimentos con la madera y el hierro, y despues de haberlo verificado en diversas clases de estos materiales, obtuvo peores resultados, que los que consiguieron otros antes de él. La Sociedad Real de Lóndres hizo tambien, entre sus primeros trabajos, otros experimentos al mismo objeto; é igualmente los hicieron, y de ellos hacen mencion, Mariotte, Varignon, Perronet, Ramus, y otros muchos ingenieros y filósofos franceses, emprendiéndolos mas tarde la *Escuela politécnica*, bajo la direccion de Mr. Prony. Pero las investigaciones de Emmerson en su mecánica, y las experiencias mas recientemente hechas por los señores Felford, Rennie, Brocon y otros, así como las investigaciones que subsecuentemente hicieron los Doctores Thomas Young, el profesor Robinson, señores Tredgold, Balou y Peter Nicholson, se consideran mas exactas, y por consiguiente mas generalmente admitidas y citadas como autoridades. El Dr. Young ha sido mas feliz en su órden de investigar é ilustrar esta materia, como se puede ver en su Tratado de Filosofia natural en dos tomos en cuarto del año de 1807.

Esta obra, y el tratado sobre la fuerza de los materiales, escrita en la Enciclopedia británica por el Dr. Robinson, ex-profesor de filosofia natural de la universidad de Edimburgo, publicada despues de su muerte en 1805, junto con otros manuscritos científicos, titulados *Sistema de la Filosofia mecánica* que revisó el hábil Dr. Brewster, puede decirse, que contienen todo lo que se ha hecho concerniente á este útil é interesante objeto. Despues de publicadas estas obras, se han hecho nuevos experimentos é indagaciones por Mr. Thomas Tredgold, el que ha recopilado todo lo que con respecto al hierro le enseñó la práctica era mas útil y conveniente, en un interesante tratado sobre la fuerza del hierro colado y otros metales, con muchas tablas de ejemplos prácticos. Mr. Peter Barlow tambien ha publicado una obra por separado, que trata del mismo principio con respecto á la fuerza, labrado y uso de la madera. Estas dos obras contienen tantos y tan interesantes detalles sobre la materia, que ningun ingeniero debe carecer de ellas, y por lo tanto se aconseja á la persona que se dedique á esta carrera que las estudie, pues contienen relaciones y noticias que la extension de la presente obra no permite introducir en ella.

238. Los experimentos hechos por Mr. George Rennie el jóven, de que ya hemos hablado, se expusieron á la Real Sociedad de Lóndres, y se publicaron en las *Transacciones filosóficas* de 1818, parte 1.ª, y luego se copiaron en el *Philosophical Magazine* vol. LIII, página 113. Estos experimentos se hicieron con una palanca ó romana, que se construyó con toda escrupulosidad y expresamente para el efecto, con la cual se tuvo el mayor cuidado para evitar la friccion, asegurando por este medio su exactitud. Tenia esta palanca de hierro 10 piés de largo, y las piezas que debian de someterse á la presion se colocaron á distancia de 5 pulgadas del punto de apoyo (fulcrum) (nota 73) ó centro de movimiento. Sin embargo, la presion requerida para aplastar los metales era de tan gran magnitud, que Mr. Rennie se vió precisado á hacer la experiencia con pedazos muy pequeños, á los cuales se dió una forma cúbica bastante perfecta limándolos. Colocáronse estos entre planchas de acero bien templado, y debajo y encima piezas de suela para que la presion obrase con igualdad en toda la superficie. El ástil se colocó de modo que su peso no alterara en nada la exactitud del experimento, y la presion obrase pausadamente, de modo que hiciese el efecto por grados, evitando todo lo que se pareciese á golpe ó concusion, hé aquí los resultados que produjo.

239. (Nota 74.) Para comprimir una pieza de buen hierro colado, cada uno de sus lados de $\frac{1}{8}$ de pulgada, sacada del centro de un trozo cuya gravedad específica era de 7,033; por el término medio de tres esfuerzos ó experimentos que fueron necesarios antes de lograr aquel fin, se necesitaron 1439,66 libras de 16 onzas.

Hízose igualmente la experiencia con otra clase de hierro colado, en piezas rectangulares de $\frac{1}{8}$ por $\frac{1}{4}$ de pulgada, cuya gravedad específica era de 6,977, y se calcularon por tres experimentos, para poderlas comprimir 2116 libras.

Los experimentos que á continuacion se ponen, demuestran que el poder de resistencia á una presion perpendicular no está en proporcion con la superficie horizontal, sino que se compone de aquella y la colocacion del *prisma*. Cortáronse algunas piezas, del mismo hierro colado, de $\frac{1}{8}$ de pulgada cuadrada, y de diferentes largos, como se demuestra mas abajo, y la resistencia disminuyó con su altura progresiva, mas no de un modo proporcionado y regular.

Un prisma de. .	$\frac{1}{8}$ de pulgada	por. . $\frac{1}{2}$	cedió al peso de. .	2005	lbs.
»	$\frac{1}{8}$	por $\frac{5}{8}$		1407	»
»	$\frac{1}{8}$	por $\frac{6}{8}$		1743	»
»	$\frac{1}{8}$	por $\frac{7}{8}$		1594	»
»	$\frac{1}{8}$	por $\frac{9}{8}$		1439	»

En cuatro experimentos que se hicieron con un pedazo de $\frac{1}{4}$ de pulgada cúbica sacada del centro de un trozo de 7,033 gravedad específica, el peso medio sostenido fue de 9773,5.

En cuatro experimentos con hierro colado fundido en barras horizontalmente, cuya gravedad específica era de 7,113, reducido á $\frac{1}{4}$ de pulgada cúbica, la resistencia media fue de 10114.

En cinco experimentos hechos con un pedazo de $\frac{1}{4}$ de pulgada cúbica, sacada ó separada de los extremos inferiores de iguales barras fundidas verticalmente, en vez de serlo horizontalmente, pero con solo la gravedad específica de 7,074, la resistencia media fue de 11136,75.

Esto prueba lo establecido ya en el párrafo 168, á saber, que la fuerza del hierro se aumenta con la gravedad del peso que sobre sí tiene en el acto de la fusion, aunque en este caso la gravedad específica no demuestra aumento de densidad.

Las pruebas ya referidas no son sino unos cuantos experimen-

tos hechos con el hierro colado y otros metales, por lo que para mayores detalles remitimos al lector á los escritos de Mr. Rennie.

Los siguientes experimentos (*), que tambien se hicieron con otros metales, son igualmente útiles.

Un cuarto de pulgada cúbica de cobre fundido se desmoronó con el peso de	7318 lb.
Id. de bronce amarillo fino; no se desmoronó, pero se redujo á $\frac{1}{10}$ parte de su grueso por	3213
Y á la mitad menos de su primer grueso por	10304
Id. de cobre dulce; no se desmoronó; se redujo á $\frac{1}{16}$ parte por	3427
Y á $\frac{1}{8}$ parte de su primer grueso por	6440
Id. de estaño fundido á $\frac{1}{16}$ por	552
Y á $\frac{1}{3}$ por	966
Id. de plomo fundido á $\frac{1}{2}$ por	483

240. Los siguientes son experimentos hechos con otras sustancias. La presion se comunicó por medio de una pirámide de acero cuya base descansaba sobre el material, interponiendo entre este y aquella una pieza de suela; la palanca se apoyaba sobre la cúspide de la pirámide.

Una pieza cúbica de olmo de una pulgada, bien seco, cedió con el peso de	1284 lb.
Id. de pino americano con	1606
Id. de id. blanco ó noruego con	1928
Id. de roble inglés (dos pruebas) con	3860
Una pulgada cúbica de greda se desmoronó con.	500
Una y media id. de ladrillo amarillo blando con.	1265
Id. de ladrillo bien cocido	1817
Id. duros de solar (tres pruebas)	2254
Id. id. muy bien cocidos	3243
Id. ladrillos refractarios de Stourbridge	3864
Id. de piedra colorada ferruginosa ó de arena	7070
Id. de la misma de otra cantera	10264
Id. de piedra de Portland	10284

(*) *Transacciones filosóficas* de la Sociedad Real de Lóndres del año 1818, parte primera, ó el *Almacen filósófico* (*Philosophical Magazine*), volúmen LIII.

Id. de piedra de Yorkshire para pavimentos	12856
Id. de la misma	12856
Id. de mármol de estátuas	13632
Id. de granito de Cornwall (Inglaterra)	14302
Id. de Devonshire jaspeado	16712
Id. de piedra de cal compacta	17354
Id. de mármol negro compacto	20742
Id. de id. italiano, jaspeado y compacto	21783
Id. granito de Aberdeen, como el que se emplea en enlosar las calles de Lóndres	24556

241. Podria creerse que la densidad expresada por la gravedad influye en la dureza de las piedras, ó mejor dicho, á su resistencia contra la rotura; mas no se ha corroborado esto cuando se han sometido á la prueba, pues siendo la gravedad específica del mármol de estátuas de 2,760 aproximadamente, y la del granito de Aberdeen solo de 2,625; sin embargo, este opone una resistencia considerablemente mayor que el mármol. Tampoco la dureza de estos materiales arguye fuerza, pues todos los mármoles pueden rayarse con un cuchillo ó cortarse con una sierra, y sin embargo hay mármoles cuya resistencia se aproxima mucho á la del granito de Aberdeen, que es muy dificil de trabajar.

242. El resultado de los ya referidos experimentos difiere esencialmente del que dieron los hechos anteriormente á estos. Mr. Gauthey, ingeniero francés, hizo muchos experimentos con piedras francas, de textura uniforme; escogió las mas duras ó las mas blandas de las que comunmente se emplean en las fábricas, y obtuvo los siguientes resultados (*):

Piedra dura.

8 por	8	líneas se desmoronan con	736	onzas equivalentes á	11,5	onzas en cada línea cuadrada.
8	12	»	2625	»	27,3	»
8	16	»	4496	»	35,1	»

(*) Extractados del libro IV del *Journal de Physique de Rosier*: las dimensiones se calculan por líneas francesas ó duodécimas partes de pulgadas francesas; consiguientemente la medida es mayor que la americana.

Piedra blanda.

9 por	6 líneas se desmoronan con	560	onzas equivalentes á	3,9	onzas en cada línea cuadrada.
9	18 »	848	»	5,3	»
18	18 »	2928	»	9	»
18	24 »	5296	»	12,2	»

Poco puede deducirse de estos experimentos, pues que carecen de razonamiento y sus resultados de concordancia, pero demuestran un hecho importante, á saber: que la fuerza se aumenta en mayor grado que el área de la seccion, pues en el primer experimento cada línea cuadrada de superficie solo pudo resistir 11,5 onzas; en el segundo, donde el área no es duplicada, cada línea resistió 27,3 onzas; y en el tercero, donde se ve que la seccion es dos tantos mayor que la primera, resistió cada línea 35,1 onzas antes de desmoronarse.

243. Los experimentos modernos en la madera son muy inferiores á los que ensayaron antes otros escritores. Así Rondelet dice (*) que se necesitaron de 5 á 6000 libras para comprimir una pulgada cúbica de roble, y de 6 á 7000 libras para causar el mismo efecto en una pulgada cúbica de abeto ó de pino, y que al hacerse la experiencia se redujo la primera á una tercera parte, y la segunda á la mitad menos de sus dimensiones primitivas. Debe, pues, prestarse mayor atencion á los experimentos últimamente hechos, por haberse verificado con mas cuidado y escrupulosa exactitud.

244. El difunto Mr. Tredgold (Thomas), á quien los ingenieros modernos tienen en gran concepto considerándole como autoridad digna de consultarse, tambien hizo muchos experimentos sobre el mismo objeto (**), y dice que la fuerza del hierro colado para resistir á la compresion se habia exagerado. Mr. Wilson calculaba el poder que se requiere para comprimir una pulgada cúbica de hierro colado, en 1000 toneladas, ó lo que es lo mismo 2240000 libras. Describiendo un experimento hecho por Mr. W. Reynolds,

(*) Arte de construir, por Rondelet; tomo IV, página 67. (*L'art de bâtir par Rondelet*).

(**) Ensayo práctico sobre la fuerza del hierro colado y otros metales. Thomas Tredgold, Lóndres, 1824. (*Practical Essay on the strength of cast iron and other metals by Thomas Tredgold*).

empleado en la fábrica de obras de hierro de Ketly en Shorpshire, establece que para comprimir un cuarto de pulgada cúbica de hierro colado de la mayor consistencia, tal como el que se emplea en la fábrica de los cañones, se necesitan 448000 libras (*); pero esto no es exacto, pues los experimentos se hicieron por Mr. Teldford, y este hablando de ellos, dice que un cuarto de pulgada cúbica de metal gris maleable blando (*grey soft metal*) cede á la presion causada por el peso de 143360 libras, y el metal de cañon al de 350400 libras.

245. Mr. Tredgold en su escrito inserto en el Almacen filosófico (tomo XLVII, página 22, para Enero de 1817), sostiene que la fuerza requerida para comprimir un cilindro sólido de cualquier material homogéneo, debe expresarse así:

$$8 f p r^2$$

f es la fuérza coherente directa de una pulgada cuadrada del material obtenida por la experiencia; r el rádio, y $p = 3{,}14159$ &c. Por esta fórmula deduce que los cilindros de hierro colado de una pulgada de diámetro, se comprimen con el peso de 314160 libras, pues que la coherencia directa de aquel metal es de 5000 libras por pulgada cuadrada (medida inglesa).

Un cilindro de plomo de una pulgada tiene una coherencia directa de 3000 libras, y se comprime con 18849 libras.

El mármol fino, coherencia de 1000 libras, se comprime con 6283.

La piedra franca arenisca fina id. de 205 con 1288.

Un ladrillo bueno id. de 280 con 1759.

Mas advierte que estas deducciones no se han comparado ó sometido á la experiencia.

246. En una tabla de datos, inclusa en esta excelente obra, sobre el hierro colado, dá los siguientes resultados que demuestran lo que cada una de las pulgadas cuadradas de las sustancias que á continuacion se expresan, puede sostener sin alteracion ó fractura permanente.

(*Medidas inglesas*).

Fresno.	3540 lb.
Haya.	2360

(*) Diario de Nicholson, tomo 35, página 1813, pliego 4. (*Nicholson's Journal.*)

Bronce fundido	6700
Ladrillo, cedió con peso de	562
Hierro colado id.	93000
Greda id.	500
Olmo	3240
Abeto (pino amarillo)	4290
Id. blanco	3630
Granito de Aberdeen	10910
Metal de cañon (8 de cobre, 1 de estaño)	10000
Hierro maleable	17800
Alerce	2065
Plomo	1500
Caoba de Honduras	3800
Mármol blanco, cedió	6060
Roble inglés (del bueno)	3960
Pino (amarillo de América)	3900
Pórfido (colorado) cedió	35568
Piedra de Portland id.	3729
Estaño colado	2880
Zinc colado	5700

247. Pues que se tiene á la vista la resistencia respectiva de varias sustancias contra la presion que reciben por la parte superior, parece que el ingeniero no tiene mas que hacer que computar el peso que se ha de sostener, por la tabla de gravedades específicas que se halla al fin de este capítulo, ó bien valiéndose de otros medios mas convenientes, y formar luego la base de aquellos materiales que haya elegido, cuya magnitud puede determinar por la última de las tablas precedentes, pues si una superficie de mármol blanco de 1 pulgada, por ejemplo, puede sostener 6060 libras, debe inferirse que 1 pié superficial compuesto de 144 pulgadas contiguas unas á otras, sostendrá 144 veces aquel peso, ó lo que es lo mismo 872640 libras. De modo que si hay que sostener una fábrica ó el arco de un puente, y se sabe por cálculo que sus materiales pesan 2617920 libras, podrá dividirse este peso por 6060, poder de resistencia de 1 pulgada, ó bien por 872640, resistencia de 1 pié superficial, y dará el cuociente el número de piés ó pulgadas cuadradas de mármol que deben emplearse para sostener este peso. En el ejemplo que se acaba de dar se requieren para sostener el peso tres estribos de un pié cuadrado cada uno,

pues cada un pié sostendrá por sí 872640 libras, que multiplicadas por 3 dan el número de libras del peso en cuestion.

248. Sin embargo, está demostrado por la experiencia que la resistencia á la compresion se aumenta mas rápidamente que las superficies, como ya se ha establecido en otro lugar, y se ha probado con los experimentos de Mr. Gauthey (§. 242), por los cuales se ve que una piedra de 8 líneas de largo por 8 de ancho, ó de 64 líneas cuadradas, solo pudo resistir la presion de 11,5 onzas sobre cada línea cuadrada, mientras que si la superficie fuese de 96 líneas cuadradas, cada línea resistiria 27,3 onzas, ó si se acrecentara hasta 128 líneas cuadradas sostendria cerca de 35,1 onzas sin quebrarse, siendo tres tantos mas esta presion que la que el mismo volúmen de material sostuvo en el primer experimento.

249. Para mejor informarse de las causas que ocasionan este cámbio, se deberá ocurrir á la conformacion de las sustancias sólidas. Defínese la materia sólida por todos los escritores que han tratado sobre este objeto, como un cuerpo compuesto de partículas diminutas de la materia, reunidas y sujetas por la atraccion coherente, considerando á estas partículas como impenetrables ó infinitamente duras. Si se supone, pues, una masa de materia, compuesta de una série de columnas perpendiculares formadas de estas partículas, y colocadas directamente unas sobre otras en líneas que esten lateralmente en contacto, y que la fuerza de su peso obre directamente contra estas líneas; un cuerpo de tal modo constituido es imposible que ceda por enorme que aquel sea; pues, siendo las partículas impenetrables por sí, no pueden introducirse unas en otras, y del mismo modo no podrán las líneas que están unidas y paralelas, salirse de su lugar lateralmente: sin embargo, es imposible hallar un cuerpo natural tan bien y generalmente constituido. Todas las cosas contienen formaciones semejantes á las cristalizaciones, ó se componen de granos de una ú otra forma, y estos se hallan colocados en los intersticios que forman los granos inmediatos, como puede verse, si se inspecciona un pedazo de piedra arenisca con un vidrio de aumento. Este conjunto ó aglomeracion de partículas, puede compararse á un monton de municiones pequeñas, el cual si su superficie fuese dispareja, y se quisiese allanar poniéndole encima un peso de fondo plano, se veria que las municiones mas salientes, ó que sobresalian á la superficie se comprimirian hácia abajo, no pudiendo verificarse esto

sino empujando á las de abajo en direcciones laterales y colocándose unas sobre otras. Pero llévese esto mas adelante, y supóngase que la municion esté encerrada dentro de un aro de hierro, ó en una vasija capaz de resistir á este desparramo lateral; las municiones no podrán en este caso ceder hasta la misma extension, y hacer campo á las que ocupan el lugar superior; no pueden por supuesto resbalarse como en el ejemplo anterior, y se comprimen unas con otras; por consiguiente la primera cama no podrá resistir un peso mucho mayor que el que antes gravitaba sobre ella, sin que experimente la masa inferior alguna alteracion, á la que puede llamarse *quebrantamiento*.

250. Este caso es muy parecido á lo que acontece cuando se hacen experimentos en grandes ó pequeñas masas, para efectuar la fractura por medio de la compresion. Esta fractura solo se verificará cuando la potencia que se emplea es de tan gran magnitud, que puede superar la coherencia de las partículas de que se compone la masa. Entonces, estas ceden y se esparcen lateralmente, lo que se llama *comprimir*; y cuando un cubo de cualquier material de $\frac{1}{4}$ de pulgada de lado, se somete á la presion, y no tiene apoyo externo que lo contenga, cede precisamente con mayor facilidad ó mas prontamente que si se rodease por otros ocho cubos del mismo material, puestos en contacto y bien unidos á él de modo que formen una sola pieza, sujetos todos á la misma fuerza coherente, y formase una superficie cuadrada de $\frac{3}{4}$ de pulgada en lugar de una cuarta parte de esta. Así, pues, represente *a* (figura 19) el cubo aislado con que se ha de hacer la experiencia, y que cede fácilmente á la expansion lateral, mientras no se le aplique un apoyo que lo sostenga; pero que cuando se le circunda con ocho cubos iguales *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, es claro que no puede extenderse lateralmente sin que salgan de su sitio *e*, *c*, *f*, *h*, y por consiguiente la fuerza que se requiere para vencerlos debe agregarse á la que se ejerce en *a*; y como quiera que se suponen del mismo material, cada uno necesita una fuerza igual á la que se empleaba antes sólo en *a*, y esto sucederia si los cuatro *e*, *c*, *f*, *h*, se colocasen únicamente al rededor de *a*: pero *e*, *c*, *f*, *h*, no pueden ceder sin que al mismo tiempo trastornen á *b*, *d*, *g*, *i*; de consiguiente, *la fuerza de resistencia* se aumenta considerablemente. Ahora bien, si se supone que los nueve cubos de que ya se ha hablado, vuelven á circundarse con otros diez y seis, como se demuestra en la figura, la resistencia opuesta á la compresion es mucho mayor, pues ahora *a* no puede ceder, sin sacar de su sitio á dos cubos por

cada uno de sus lados, y estos dos cubos están sujetos por otros cuatro, dos en cada lado y contiguos á ellos; de aquí se infiere que la fuerza que se opone á la fractura por medio de la compresion debe aumentarse á un grado prodigioso por la extension de la superficie; pero cuál sea este aumento, refiriéndose á las aplicaciones prácticas, jamás se ha llegado á probar satisfactoriamente. Lo que este sería, fundado en principios matemáticos, se ha determinado, pero dá mayores resultados de los que pueden esperarse de la práctica, debido á la imposibilidad de someter todas las partículas, y aun los pequeños espacios á un mismo grado de presion, y es á la vez un problema intrincado y difícil, pues la partícula central está sostenida por todos lados, y es por este motivo la mas fuerte, mientras que las hiladas exteriores carecen de apoyo por un lado, y las partículas angulares son por sí insuficientes para sostenerse por dos lados: consiguientemente la resistencia debe ser una série que gradualmente se aumenta desde las extremidades al centro. Muschembrock, Euler, y otras autoridades de importancia, partiendo de los principios ya referidos, consideran la fuerza de las columnas como bicuadrados de sus diámetros, y esto está admitido como principio por los académicos de San Petersburgo. Otros sostienen que la resistencia se aumenta en proporcion al área de la seccion, y así lo creia el escrupuloso filósofo Mr. Coulomb; pero Mr. Robinson la hace dos tantos mayor. De todos modos, si á esta fuerza se la considera igual á su coherencia directa, debe inferirse que la que opone una barra cuadrada para resistir á la compresion, es dos veces mayor que su fuerza coherente, suponiendo que la fractura se verifique en la superficie por la parte mas débil. Sin embargo, muy rara vez acontece que la fuerza que se opone á la compresion esté en tan gran proporcion con su fuerza coherente; y en el caso de que la sustancia en cierto grado se componga de fibras, producirian naturalmente muchas irregularidades al doblarse; mas la experiencia destruye ambas suposiciones, y á la vez que demuestra que la primera es excesivamente grande, prueba que la segunda es demasiado corta, aunque no en tan alto grado. Finalmente, debe confesarse que la relacion que tienen entre sí las dimensiones y la fuerza de las columnas, no está aun establecida sobre principios mecánicos de alguna solidez, ni tampoco es probable que puedan aplicarse igualmente principios generales á todas las sustancias, pues depende en gran manera de la estructura interna de los cuerpos, y solo las experiencias pueden facilitar los medios para alcanzar la verdad.

251. La ilustracion sacada valiéndose de la municion, es aplicable á todos los cuerpos granosos, tales como las piedras areniscas y todas las clases de piedra franca. Pero si se supone un cuerpo de testura fibrosa, cuyas fibras esten en direccion á la presion, y adheridas unas á otras por medio de alguna sustancia glutinosa, dicho cuerpo cederá con solo doblarse las fibras, pues con este movimiento se quebranta la cola ú otra sustancia y quedan separadas aquellas unas de otras. Igual suposicion pueden hacerse con los pilares de madera. En tales casos aparece, que la resistencia debe ser igual á la que oponen el número de fibras que han de sostener, á su mútuo sostenimiento, y á alguna funcion del área de la seccion. Lo mismo acontece si las fibras son naturalmente torcidas, ó formaren ondulaciones, como sucede con muchas maderas y otras sustancias, suponiendo siempre que exista alguna semejanza en su forma; semejanza que debe siempre suponerse, y sin lo cual no deben aventurarse inferencias generales.

252. Así, pues, en todos los casos, apenas se puede dejar de admitir que una fuerza opuesta á la presion es proporcionalmente igual á una funcion del área de la seccion.

253. Pues que un cilindro ó prisma son igualmente compactos en todas sus partes, parece que la resistencia de una columna en nada se alteraria por la altura, á menos que esta no pierda su posicion natural, inclinándose, porque entonces sufriria una contorsion trasversal, que se aumentará con su altura.

254. La regla que generalmente siguen los prácticos para determinar la fortaleza y las dimensiones de los pilares, ú otro sosten vertical, es tomar uno de los ejemplos inclusos en esta obra, el mas adaptable para el efecto; multiplicar el resultado ya dado hasta llegar á la fuerza que se requiere, y deducir una cuarta ó una quinta de la cantidad para obtener la conveniente. Por ejemplo, si una sola pulgada de ladrillo puede sostener 562 libras, dos pulgadas podrán sostener el duplo de este peso, ó lo que es lo mismo 1124 libras, y 10 pulgadas, 5620 &c.; pero en lugar de aventurarse á colocar estas 5620 libras sobre las 10 pulgadas de ladrillo, en la confianza de que las resistiria, se deberá cargar solo la cuarta ó quinta parte de aquel peso, ó si fuese de necesidad que sea el todo, se dará á la superficie, cuatro ó cinco veces 10 pulgadas de extension. Esta regla se ha considerado siempre como la mas segura, pues que solo se reduce á aumentar las fuerzas en proporcion del área, empleando poco mas ó menos

la cuarta parte de la fuerza dada por el experimento. Asisten dos razones para hacer una deduccion tan considerable: primera, la de compensar la imperfeccion de la obra; y segunda, como precaucion de la decadencia natural.

255. Por *imperfeccion de la obra*, se dá á entender, la suma imposibilidad de conseguir que los maderos y piedras voluminosas asienten con igualdad sobre las superficies que de antemano se han preparado para recibirlas, lo que dimana de la dificultad de mover y colocar cuerpos pesados, ó del hundimiento de los lechos que han de sostenerlos, y que bajan mas allá de lo calculado á causa del nuevo peso que reciben, ó por quedar aquellas mal aseguradas en varias partes. Así, pues, un estribo construido con ladrillo, y cuya superficie fuese de 180 pulgadas cuadradas, puede sostener el peso de muchos miles de libras que le competa soportar, siempre que el peso se distribuya igualmente por toda su superficie: pero al colocarlo puede suceder que gravite todo sobre tres ó cuatro pulgadas cuadradas, lo cual siendo incompetente con el peso, flaquearán estas, se trasferirá el peso á otra pequeña parte igualmente débil, y al fin vendrá todo á rendirse.

256. Casi parece excusado decir los medios que deben emplearse para evitar la decadencia natural. Un estribo ó columna recientemente construida, en la cual se hayan empleado materiales buenos y sólidos, puede ser enteramente proporcionada al sosten del peso de la carga que gravita sobre ella; pero cuando estos materiales, con el trascurso del tiempo, principian á decaer, pueden desplomarse y causar muy graves daños. Toda construccion ó fábrica debe hacerse desde un principio con toda la solidez suficiente, para que en caso de sufrir algun detrimento no sea con gran perjuicio de ella.

257. El Dr. Tomás Young, que consagró muchas horas al estudio de este asunto, demuestra que aun en el caso de que toda la superficie del sostén pudiera ponerse en movimiento simultáneo, se debe sin embargo desconfiar, y no seguir el principio que establece de que todas las partículas esparcidas por la superficie participan de iguales fuerzas, pues que todas las partículas á partir del centro á la circunferencia, se debilitan mas y mas por falta de apoyo mútuo, como ya se ha explicado (§. 250). La consecuencia de esta debilidad externa es el desmembramiento de las partículas exteriores, y así el peso gravita mas directamente en las del centro que son mas fuertes. El Dr. Young observó que en un pilar rectangular

cargado de este modo se deslizan sus partes lateralmente, y que si la textura de la sustancia es uniforme y no fibrosa, las superficies de las fracturas pueden formar unas con otras casi ángulos rectos; esto es, si la resistencia provenida de la adhesion lateral en direccion de alguna superficie ó seccion es simplemente proporcional con aquella seccion; pero si esta fuerza, semejante á la de la friccion, se aumenta por una presion que tienda á reunir las partes poniéndolas mas íntimamente en contacto, el ángulo que aparece despues de la fractura es mas agudo: este último efecto es el que ocurre mas comunmente en la práctica, porque si se coloca una carga ó peso en la parte superior de una columna y está bien distribuido, este peso contribuye precisamente á aumentar el contacto de todas las partículas que le quedan por debajo. Sea A (figura 20) la parte superior de una columna prismática ó cilíndrica, y B una piedra pesada, ó carga que se coloca sobre ella: la tendencia á fracturarse bajo la primera suposicion, es segun las líneas *c d*, *c e*, radiando desde el centro *c*; y *d c e* será casi un ángulo recto; pero si B tiene propension á comprimir las partículas que se hallan en A, la direccion de la fractura será la que señalan las líneas de puntos *c f*, *c g*; y el ángulo *f c g* será mas agudo que en el ejemplo anterior.

258. Con el objeto de disminuir la tendencia á la compresion en A, y por este medio hacer el ángulo de la fractura mas obtuso, el Dr. Young advierte que puede lograrse una ventaja, evitando que estén enteramente en contacto la parte superior de la columna y la parte inferior de la carga ó peso, dando á la primera una ligera forma convexa algo mas elevada hácia el centro, de modo que este que es la parte mas fuerte, sostenga todo el peso. Esta convexidad puede llevarse hasta el grado de que la parte superior sea esférica como se representa en la figura 21, por la razon que un círculo es tan fuerte como su cuadrado circunscrito, suponiendo la adhesion proporcionada á la superficie, pues que la fuerza relativa de todas sus cuerdas es igual (*). Este es uno de los medios adoptados para impedir que las partes exteriores se rompan, y caigan á tierra. Pero si toda la superficie es llana y se pone en accion, la expansion lateral puede impedirse por medio de aros de hierro, pues un fuste de madera, ó de cualquiera otra materia fibrosa, resiste mas fortalecida de este modo. ¿No podria suceder que las molduras que adornan la parte superior de las columnas de la antigüedad, en su orígen no fuesen mas que aros ó fajas colocados allí para su fortaleza y seguridad, y con el trascurso del tiempo y progreso de las artes se vean ahora convertidos en los graciosos y hermosos capiteles que en el dia se notan?

(*) *Dr. Young's lectures on natural philosophy*: volúmen 1.°, páginas 145 y 167.= Véase igualmente una demostracion minuciosa de sus efectos en la misma obra, volúmen 2.°, pág. 46.

259. Cuando algun cuerpo, por poca elasticidad que tenga, se somete á la presion, se observará que antes de quebrarse ó sufrir alteracion alguna la coherencia de sus partículas, se condensa primero y se disminuyen sus dimensiones; y si en estos momentos se le quita el peso que sostiene, no habiendo aun sufrido su constitucion orgánica, su fuerza queda ilesa. Con el objeto de demostrar este y otros efectos que se han observado en los experimentos, como tambien para obtener los medios de comparar la resistencia de cualquier sustancia con otra, el Dr. Young ha introducido algunos términos nuevos adoptados desde entonces tan generalmente, que es indispensable ahora su explicacion.

260. Establece que cuando un peso está suspendido por mas abajo de un punto fijo, extendiéndose la sustancia suspendida retiene esta su forma por su coherencia y tenacidad; y que cuando un peso está sostenido por un trozo ó pilar debajo de él, el trozo se comprime y se resiste á la fractura, primero por la fuerza repulsiva, y segundo por su tenacidad.

261. La *detrusion* ó empuje se produce por la potencia trasversal aplicada inmediatamente á un punto fijo, con la fuerza suficiente para mover las partículas que se oponen á su accion, las cuales estan sujetas y unidas por la coherencia reunida á su tenacidad; y la fuerza producida de este modo se llama *repulsion*.

262. Cuando se aplican dos ó tres fuerzas simultáneamente á diferentes partes de una sustancia, aquellas producen *flexion*; en este caso algunas de sus partes están sujetas á una fuerza que comprime, y otras á una fuerza que extiende ó dilata. Cuando ocurre la *torsion* ó acto de torcer, las partículas del centro permanecen en su estado natural, mientras las otras, que se hallan en las partes opuestas de la circunferencia, se dislocan y trastornan en diferentes sentidos. Las fuerzas que se aplican de algunos de estos modos, pueden causar en la forma ó figura de los cuerpos una alteracion ó cambio permanente que no alterará su fuerza, lo cual es bien co-

nocido entre los artesanos con el nombre de *viciarse* ó *tomar vicio ó vuelta*. Así, pues, un muro de ladrillo, *toma vicio*, ó aparece mas bajo de lo que era cuando se fabricó, por haber cedido la mezcla *semi-plástica* al peso de los ladrillos ú otra cualquiera carga que sostenga. Un palo que se coloque atravesado en cualquiera abertura de un edificio, se encorva ó dobla hácia el centro, ó con la convexidad en direccion á la tierra; pero esto solo se verifica hasta que la fuerza que comprime se equipara exactamente con la que resiste ó repele, pues entonces cesa aquel efecto. Si la nueva forma es perpétua se dice que está viciado el palo, ó que ha tomado vuelta. El resultado ó fin de estos efectos, es la *fractura* que es la consecuencia de la aplicacion de algun peso capaz de vencer la fuerza de la sustancia: la facultad que poseen todos los cuerpos para resistir cualquier impulso se llama *reaccion*, acto de retroceder.

263. Si la tenacidad de un cuerpo fuese infinita y pudieran contenerse todos los movimientos laterales de sus partículas, la coherencia directa sola sería la medida de la fuerza que se requiere para producir la extension. En verdad que en este caso la tenacidad actual de algunas sustancias puede considerarse como infinita, cuando la extension ó compresion es moderada, y no existe alteracion permanente en la forma. En estos límites, tales sustancias puede decirse que son perfectamente elásticas. Si la coherencia y repulsion fuesen infinitas, y la tenacidad limitada, el único efecto que causaria la fuerza sería la alteracion de forma, y los cuerpos semejantes vendrian á ser perfectamente elásticos, pero serian mas ó menos duros ó blandos segun el grado de tenacidad.

264. Se sabe por experiencia, que la medida de extension y compresion de los cuerpos uniformes y elásticos, es simplemente proporcionada á la fuerza que la ocasiona, al menos cuando estas fuerzas son comparativamente pequeñas (*). De modo, que si un peso de 100 libras dilata ó prolonga una barra de acero de $\frac{1}{100}$ de pulgada, uno de 200 libras la prolongaria aproximadamente $\frac{2}{100}$, y otro de 300 libras $\frac{3}{100}$ de pulgada. Si los mismos pesos obran en sentido contrario, la acortarán, del mismo modo, uno, dos y tres centésimos de pulgada respectivamente. La primera parte de este principio fue descubierta por el Dr. Hooke, y los efectos aparecen estar perfectamente acordes con los que se sabe ocurren en todos los flúidos elásticos.

(*) Lecc. de Young de Filosofía natural t. I, p. 136.

265. Segun esta analogía, puede expresarse la elasticidad de cualquier sustancia por el peso de cierta columna formada de la misma sustancia que el Dr. Young llama su *módulo de elasticidad*, cuyo peso es tal, que con cualquier aumento crece en la misma proporcion que el peso agregado acorta por la presion una cantidad de aquella sustancia del mismo diámetro. Por ejemplo, si una barra, de cualquier clase que sea, de 100 pulgadas de largo, fuese comprimida una pulgada por un peso de 1000 libras, el peso del módulo de su elasticidad será de 100000 libras, ó con mas exactitud, 99000 que es á 100000 lo que 99 á 100. Debe suponerse del mismo modo, que cualquier peso que se sustraiga del módulo, disminuye en la misma proporcion que la fuerza equivalente extenderá alguna porcion, sea cual fuese, de la sustancia. La altura del módulo es constantemente la misma para la misma sustancia, mientras que su gravedad específica permanece inalterable, sea cual fuere su ancho ó grueso; para el aire atmosférico está próximamente á 5 millas de altura, y para el acero á cerca de 1000. Esta suposicion se comprueba bastantemente por la experiencia, ó al menos se aproxima mucho á la verdad. De aquí se deduce que el peso del módulo de cualquier sustancia debe exceder á la mayor fuerza coherente de esta, y que la compresion causada por aquel debe reducir sus dimensiones á la mitad: se sabe que una fuerza capaz de comprimir una pieza de goma elástica hasta la mitad de su largo, la extiende generalmente hasta otro considerablemente mayor que aquel, y acaba por romperla ó partirla; y asimismo, que una fuerza capaz de extenderla al duplo de su tamaño natural, solo la comprimirá dos terceras partes.

266. El módulo de elasticidad, pues, podrá expresarse de dos modos, segun se quiera emplear, bien como expresion general, ó bien como específica. Si se usa como expresion general, solo se podrá expresar por la altura; y si como específica, tanto por la altura como por el peso, ó por ambos á la vez. Si se establece que el módulo de la elasticidad del aire atmosférico tiene cinco millas de alto, debe entenderse que una capa ó vena de aire de cinco millas de grueso desde la superficie de la tierra, gravita sobre dicha superficie con cierta fuerza, igual próximamente á la mitad de la presion de toda la atmósfera. Pero esta presion se ejerce igualmente, así en cada pié ó milla cuadrada de la tierra, como sobre toda la superficie; y por esto es la expresion general. Si al contrario, se quiere expresar el módulo de la elasticidad del aire sobre una sola pulga-

da cuadrada de la superficie de la tierra, igualmente puede decirse que tiene cinco millas de alto; pero como quiera que esta superficie se ha definido, limitando á una pulgada las dimensiones del prisma de aire que comprime, tambien se definirá, y no puede ser otra cosa, sino un prisma de aire de una pulgada cuadrada, y de cinco millas de alto. Dadas las dimensiones es fácil asegurar el peso, y así como á toda la presion de la atmósfera se la calculan generalmente 15 libras en cada pulgada cuadrada, del mismo modo la mitad de esta presion será de $\frac{1}{2}$ libra; por consiguiente se puede decir que el módulo de elasticidad del aire tiene cinco millas de altura ó $\frac{1}{2}$ libra sobre cada pulgada cuadrada, lo que viene á ser lo mismo.

Aplíquense los mismos principios al plomo, á cuyo módulo de elasticidad se le calculan de altura 159700 piés, mientras que el peso de su módulo sobre la base de una pulgada cuadrada es de 851,000 libras. Esto quiere decir, en otros términos, que un peso de 851000 libras, bien en forma de una columna perpendicular, bien causado por la palanca, ó aplicado en cualquiera forma sobre uno de los lados de una pulgada cúbica de plomo, reduce su grueso hasta cierto grado, por ejemplo, á la mitad menos de sus dimensiones. Pero una masa de plomo de 159700 piés de grueso causaria proporcionalmente el mismo efecto sobre otro cuerpo del mismo metal puesto debajo de aquella, por muy extensa que sea su superficie, siempre que esta y la superficie de aquella sean iguales; Luego, para comparar la elasticidad del plomo con la del hierro colado se debe buscar una altura ó peso que produzca el mismo efecto en el hierro colado, que 159700 piés ú 851000 libras causen en el plomo. La altura del módulo de elasticidad en el hierro colado es de 6290000 piés y en la base de cada pulgada cuadrada, de 21528000 libras (segun Mr. Tredgold). Las cantidades pertenecientes al plomo, comparadas con las que corresponden al hierro colado, demostrarán la relacion de elasticidad de estas dos sustancias, ó la resistencia comparativa que opondrán á la accion de cualquier peso que sobre ellos se coloque.

267. Puede, pues, formarse una tabla con los módulos de elasticidad para su mas pronto é inmediato uso, y por medio de ella, ver al primer golpe de vista y á la vez, las ventajas respectivas de varios materiales, como se nota en el siguiente ejemplo, cuyos números se han tomado de Mr. Tredgold:

(*Medidas Inglesas.*)

	ALTURA del módulo de elasticidad.	PESO del módulo para la base de 1 pulgada cuadrada.	MODULO de rechazo.
Fresno.	4970000 piés.	1640000 lb.s	7,6
Haya.	4600000 »	1345000 »	4,14
Bronce fundido. . . .	2460000 »	8930000 »	5,0
Hierro fundido. . . .	5750000 »	18400000 »	12,7
Olmo.	5680000 »	1340000 »	7,87
Abeto ó pino amarillo.	8330000 »	2016000 »	16,4
Pino blanco.	8970000 »	1830000 »	7,2
Bronce de cañon. . .	2790000 »	9873000 »	10,4
Hierro maleable. . .	7550000 »	24920000 »	12,7
Caoba.	6570000 »	1156000 »	8,0
Mármol.	2150000 »	2520000 »	1,3
Mercurio.	750000 »	4417000 »	»
Roble.	4730000 »	1700000 »	9,2
Pizarra.	13240000 »	15800000 »	8,4
Acero.	8530000 »	29000000 »	»
Piedra de Portland.	1672000 »	1530000 »	0,5
Estaño colado.	1453000 »	4608000 »	1,8
Zinc id.	4480000 »	16680000 »	2,4

268. Mr. Tredgold observa (*) que sería útil y conveniente en muchas ocasiones un órden de números generales que demuestren la fuerza de los cuerpos para resistir á los golpes ó impulsos: esto puede conseguirse por medio de la simple operacion que describe. El mismo ha calculado muchos de los números que se hallan en la columna derecha de la tabla que antecede.

De la fuerza de tension.

269. Se examinarán ahora los efectos de la tirantez ó extension, ó la fuerza de las sustancias para sostener los pesos que á ellas se

(*) *Essay on strength of cas iron.* p. 250.

aplican. Sobre esta materia se ha escrito ya mas extensamente de lo que hasta aquí se ha inferido, y es de un carácter mas sencillo y mas fácil de sujetar á la experiencia. Despues de las observaciones ya descritas pueden hacerse investigaciones sin detenerse mucho.

270. La tirantez causada por un cuerpo que se ata á un extremo de otro, mientras se aplica una fuerza al extremo opuesto para arrancarlo de su lugar ó romperlo, es solo contrarestada por la atraccion de la coherencia del cuerpo que se somete á la prueba, con muy poca modificacion de su accion por alguna circunstancia particular. Si se supone un cuerpo largo, de forma prismática ó cilíndrica, tal como una vara de metal ó madera, ó una cuerda sujeta por un extremo, colgando perpendicularmente, mientras se coloca el peso que ha de sostener en el opuesto, deberán igualmente estirarse ó estrecharse todas sus partes si se concibe que este cuerpo no tenga peso; mas como este es un caso imposible, todas las partes del tal cuerpo se dilatarán con igualdad; pero no se prolongarán del mismo modo por la totalidad de su propio peso, que debe agregarse á la fuerza que se emplea, y esta cantidad será una série que continuamente irá aumentándose desde el principio donde no existe nada, hasta el extremo donde reside todo el peso sobre el cual se opera. Cuando este peso es de consideracion no debe desatenderse, y como quiera que los experimentos que generalmente se hacen sobre la coherencia de los cuerpos se ejecutan con pequeñas piezas cuyo peso apenas guarda una justa proporcion con su resistencia, se puede desechar este elemento como se ha hecho en las observaciones que á continuacion se expresan.

271. Una vez que todas las partes de un cuerpo se dilatan con igualdad, se sigue que las alteraciones de cualquiera seccion trasversal de dicho cuerpo deben ser enteramente iguales; por consiguiente, si el cuerpo es perfectamente homogéneo, é igualmente ordenado en todas sus partículas, ninguna de las partes que constituyen una barra puede ser mas débil que la otra; y si la fuerza aplicada no es de bastante magnitud para que pueda alterar su organizacion interna, el tal cuerpo no se debilita con el experimento, que puede repetirse infinidad de veces, ó lo que es lo mismo, puede continuarse perpetuamente sin peligro de romperse; pero si el arreglo ú órden de las partículas, se ha alterado mas allá de la esfera de su elasticidad, el cuerpo quedará para siempre debilitado y aun puede romperse.

272. Esta alteracion ó trastorno en la forma orgánica puede tratarse segun los efectos que se notaren, pues que todas las cosas que estan sometidas bajo la influencia de la compresion ó extension, ceden hasta cierto punto, contrayéndose primero y en seguida dilatándose; pero cuando se retira la fuerza que causa uno ú otro efecto, el cuerpo reasume, si no del todo aproximadamente, la misma forma que antes tenia, siempre que su textura permanezca sana. Esto es mas adaptable á los cuerpos areniscos en particular, pues los fibrosos, y principalmente los de fibras torcidas, son susceptibles de una prolongacion mas permanente y de mayor consideracion, lo que se debe tal vez al acto de enderezarse y tomar la posicion que naturalmente debieron tener. Esto mismo se observa en las cuerdas nuevas que se desenvuelven y prolongan visiblemente cuando por primera vez se hace uso de ellas. Todas las maderas de hilo derecho, tales como el pino y el abeto, no dan de sí sin que se expongan á quebrarse, y se parten de pronto si se cargan en extremo, mientras que el roble y abedul, cuyas fibras son nudosas, dan de sí de un modo sensible y no se rompen de golpe, proporcionando se note esta circunstancia por las señales que aparecen en su superficie antes de acontecer la fractura, acompañadas de un crujido que los carpinteros llaman *quejido*. Sin embargo de la inmensa variedad que la naturaleza manifiesta en la estructura y coherencia de los cuerpos, existen ciertos hechos de los cuales se podrá hacer uso con ventaja y provecho.

273. Puede establecerse como proposicion general, que la resistencia de cualquier sustancia sometida á una influencia cuya propiedad sea la de extender, es proporcionada al área de la seccion de dicha sustancia, considerada aquella en línea perpendicular á la fuerza que extiende: esto debe suceder cuando la textura es perfectamente uniforme, como en el vidrio y en todos los metales blandos. Entre estos deben tambien comprenderse los cuerpos granosos ó areniscos cuya contestura sea igualmente regular y uniforme: tambien se incluyen los fibrosos, con tal que sus fibras sean igualmente fuertes, bien unidas y guarden órden y uniformidad en toda su seccion. Debe inferirse, pues, que toda vara ó barra de figura prismática ó cilíndrica, es en todas sus partes igualmente fuerte, y por todas ellas quiebra con igualdad; y que todos los cuerpos cuyas secciones sean desiguales, siempre quiebran por la parte mas delgada; como tambien, que el largo

del cilindro ó prisma no influye en su resistencia, y que es un error creer que una cuerda larga se rompe mas pronto que otra mas corta.

274. Por lo arriba expuesto se deduce que la resistencia absoluta de los cuerpos que tienen secciones semejantes, es proporcional á los cuadrados de los diámetros ó lados homogéneos de la seccion.

275. El peso mismo de un cuerpo puede emplearse para encorvarlo ó romperlo. Es muy sabido que una cuerda puede ser tan larga que se quiebre con su propio peso. Una cuerda suspensa perpendicularmente, sin embargo de ser igualmente fuerte en todas sus partes, se quebrará por su extremo superior; pues la tirantez en cualquier parte, viene á ser todo el peso que se halla debajo, y su resistencia relativa, ó la fuerza que posee para resistir á la tirantez ó textura que experimenta, es en sentido inverso á la cantidad que existe debajo de aquella parte.

276. Partiendo de este principio se ponen á continuacion varias cantidades comparativas que expresan la cohesion absoluta de los cuerpos, la cantidad en longitud y peso de la misma sustancia que causan la separacion, suponiendo las áreas constantemente las mismas: estas cantidades pueden llamarse *módulos de coherencia.* El escritor ignora que se haya dado á este asunto mayor extension, mas los pocos siguientes resultados, calculados por el profesor Leslie, demuestran la posibilidad y utilidad de esta tabla. La adjunta sirve para los prismas de 1 pulgada cuadrada (*).

(*Medidas inglesas.*)

Teak (nota 75).....	12915	libras.	36049	piés de largo.
Roble............	11880	»	32900	»
Sicomoro (nota 76).	9630	»	35800	»
Haya............	12225	»	38940	»
Fresno..........	14130	»	42080	»
Olmo............	9720	»	39050	»
Abeto (memel).....	9540	»	40500	»
Pino de Christiania.	12346	»	55500	»
Alerce...........	12240	»	42160	»

277. Cuando las cuerdas se estiran horizontalmente, como

(*) Matemáticas de Gregory, para los prácticos, página 407.

cuando se remolca un buque, la tirantez ocasionada por su peso guarda por lo regular proporcion con toda la fuerza. Sean, pues, *a e b* (figura 22), una parte cualquiera de esta cuerda, y *a c*, *b c* las tangentes de la curva causada por su gravedad. Complétese el paralelógramo *a*, *d*, *b*, *c*. Es bien sabido, que la curva es catenaria, que *dc* debe caer perpendicular al horizonte, y que *dc* es á *a c*, lo que el peso de la cuerda *a e b* es á la tirantez causada en *a*.

278. Para que un cuerpo pesado suspendido en el aire, pueda sobrellevar su propio peso con igualdad, la seccion en cada parte debe guardar proporcion con los sólidos contenidos por debajo de ella. Supóngase un huso en figura de cono formado por la revolucion de una curva A*a e* (figura 23), al rededor del eje C E. Resulta $AC^2 : ac^2 :: AEB$ sólido: aEb sólido. Esta condicion es la de la curva logarítmica A*a e* de la cual C*c*, es el eje.

279. Estas son las principales reglas generales que pueden deducirse del conocimiento de la coherencia de los cuerpos. Para servirse de ellas prácticamente, es necesario tener algunas medidas de la coherencia de los cuerpos que generalmente se emplean en las máquinas ó construcciones que estan expuestos á esta especie de tesura ó tirantez, lo que solo podrá conseguirse por la experiencia. No debe, sin embargo, darse entero crédito á las experiencias por mucho cuidado y esmero que se haya empleado en su ejecucion; porque las sustancias naturales están sujetas á tantas y tan grandes mudanzas, que no se puede con fijeza asegurar que el material empleado sea enteramente igual en todas sus partes á otro del mismo nombre, y con el cual se haya hecho algun experimento. La madera que nace y vegeta en paises frios, crece con mucha pausa, y es generalmente mas dura y consistente que la de los paises mas templados. Los metales difieren en muchos casos, bien por su pureza, ó bien por otras causas, puede decirse desconocidas; así es, que su fortaleza se altera no solo por medio del combustible, sino por el calor empleado en fundirlos, por los moldes donde se colocan, y segun el método que se usa con ellos despues de esta operacion para forjarlos ó batirlos, reducirlos á alambres ó hilos, templarlos &c.

280. Puede suponerse que los golpes de martillo que recibe un metal cualquiera, ó en el hecho de reducirlo á hilos forzándolo á pasar por agujeros hechos en una plancha de acero templado, en términos de disminuir su diámetro y darle mas extension, debe

naturalmente alterar su contestura corpuscular interna, y dañar, cuando no destruya su coherencia. La primera operacion se ejecuta forjando el metal, y la segunda reduciéndolo á hilos ó alambre; y sin embargo, la experiencia ha demostrado que ambos procedimientos aumentan en gran manera su fuerza coherente. Así pues el oro, la plata y el bronce triplican dicha fuerza, y el cobre y el hierro la duplican, aumentándose á la vez la dureza y densidad de dichos metales; de modo que al pasar el metal por alguno de los agujeros es necesario volverlo á introducir en el fuego hasta enrojecerlo, y dejarlo luego que se enfrie por grados, para que por este medio adquiera suavidad y blandura. A esta operacion se da el nombre de *templar al fuego*, é impide al metal que se hienda ó quiebre.

281. Por las razones ya expuestas, el estudiante no deberá considerar los resultados de la tabla que á continuacion se inserta, como experiencias hechas sobre datos fijos ó positivos, sino que debe mirarlos como valores generales deducidos del cálculo formado en varias experiencias. Antes de regirse por números dados, debe asegurarse que se posee el mismo material, esto es, uno que sea igual en calidad y fortaleza, lo que solo puede conseguirse por la experiencia. Afortunadamente, estos experimentos son fáciles de hacer, y poco costosos en comparacion á los que hay que ejecutar en la compresion de los materiales, pues no consisten mas que en afianzar por la parte de arriba las tiras de madera que se han de someter á la prueba, y aplicar una palanca de madera con un peso movible como el de una romana por la de abajo, debiendo verificarse la union de la palanca con la tira de madera por medio de un tornillo de mano colocado por la parte de arriba de la palanca. Si se quiere hacer la prueba con el metal, pueden hacérsele á la barra unos agujeros ú ojos en sus extremos, y luego se colocará por la parte de arriba un fuerte gancho ó garfio clavado en un madero, y otro gancho embutido en la palanca, como se ve en la figura 24. Este es todo el aparato que se necesita para el efecto. Las tiras ó listones de madera no deben pasar de $\frac{1}{2}$ pulgada cuadrada, y las piezas de metal de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Por este medio podrá determinarse en el momento, si el metal, ó cualquier otro material, es inferior ó superior en fortaleza á los que se han puesto por ejemplo en las tablas, pudiéndose así trabajar con confianza.

282. Las piedras y el ladrillo, por ser de naturaleza quebradi-

zos, jamás se emplean para sostener pesos pendientes; por lo que no se han apreciado ó examinado sus propiedades con este objeto, que ocurre generalmente en las barras de algun metal, en las cadenas, maderos de figura cilíndrica ó prismática, cuerdas, y cuero curtido ó sin curtir. Las siguientes tablas demuestran la fuerza de las sustancias, que mas comunmente se usan para sostener pesos, cuya medida de coherencia es el suficiente número de libras (*) que se requieren para quebrar ó partir cualquiera barra ó atado de una pulgada cuadrada. Por este medio puede computarse la fuerza correspondiente á cualesquiera otras dimensiones.

METALES.		LIBRAS.	Resultados obtenidos por Mr. George Rennie, segun Mr. Gregory, insertos en el Tratado de Matemáticas para el uso de los prácticos, pág. 408.
El oro fundido varía	de	20000	
	á	24000	
La plata id.	de	40000	
	á	43000	
Cobre fundido del	Japon	19500	
	Berbería	22000	
	Anglesea	34000	19072
	Hungría	34000	
	Suecia	37000	
El hierro fundido varía	de	42000	19096
	á	59000	
Hierro en barras	Ordinario	68000	55872
	Bueno	75000	
	Ruso y sueco, primera calidad	84000	74064
Acero en barras	Blando	120000	
	Acero colado	134256	
	Templado, color pajizo	150000	
Estaño fundido	Malacca	3100	
	Bauca	3600	
	Puro	3800	4736
	Id. inglés	5200	
	Grano id.	6500	
Plomo fundido		860	1824
Régulo de antimonio		1000	
Zinc		2600	
Bismuto		2900	

La tabla que antecede está sacada de la obra de Mr. Robinson, Filosofía mecánica, tomo I, página 398, en la qué con relacion á las experiencias no se cita autor alguno. Los resultados varian considerablemente de los que ya se han establecido como deduc-

(*) Cada una de estas libras consta de 16 onzas.

ciones de las hechas por Mr. Rennie, segun el Doctor Gregory; así estos números van colocados hácia la derecha de los del Doctor Robinson, con el objeto de que á primera vista se note la diferencia. Desgraciadamente, y en perjuicio de la verdad y certeza sobre la materia, ninguna de estas partidas concuerda con las de Mr. Rennie, como se demuestra en el documento á que ya se ha hecho referencia, por cuyo motivo se inserta á continuacion un extracto del expresado documento.

283. Las experiencias se hicieron con la misma palanca de hierro ó aparato ya descrito (§. 238); y Mr. Rennie observa «que se hizo uso de la palanca como en el primer caso, pero que los metales se sujetaban por medio de grapas ó tenazas de hierro forjado con los extremos adecuados para recibir las barras, los que acababan en punta aumentándose su diámetro desde la seccion marcada, y las dos piernas de las pinzas ó grapas sujetas con un aro que unia ó aprisionaba á ambas. Las barras tenian 6 pulgadas de largo y $\frac{1}{4}$ de pulgada de lado, y de este modo se sujetaban fácil y firmemente.» Véanse algunos de los experimentos hechos el 30 de Abril de 1817:

Una barra de hierro colado de $\frac{1}{4}$ de pulgada fundida horizontalmente, se partió con....	1166 lb.
Hierro colado, fundido verticalmente........	1218
Acero colado anteriormente trabajado (tilted).	8391
Id. ampollado (blister) á martillo.........	8322
Id. templado id.........................	7977
Hierro de Suecia id.....................	4504
Id. inglés id...........................	3492
Bronce de cañon duro (en dos pruebas).....	2273
Cobre forjado á martillo..................	2112
Id. fundido.............................	1192
Bronce amarillo fino....................	1123
Estaño colado ó fundido	296
Plomo id................................	114

284. Puesto que todas estas experiencias se hicieron con barras de $\frac{1}{4}$ de pulgada cuadrada, debia inferirse que las 16 colocadas inmediatamente en contacto unas con otras formando 1 pulgada cuadrada, necesitarian para partirse una tirantez igual á la suma de todas; pero la experiencia ha demostrado que un número de barras pequeñas colocadas del modo que se acaba de referir, sostiene un peso proporcionalmente mayor que una sola barra igual al total de todas. Créese generalmente que esta anomalía procede de la mayor perfeccion con que se labran y preparan aquellas, pues es bien sabido que todos los metales que se amartillan, ó se pasan por la hilera, adquieren mayor solidez y fortaleza; de modo que en el hecho de batir con un martillo y separadamente diez y seis barras pequeñas, se aumentará en mayor grado su fuerza que si se verificara igual operacion con una barra grande igual al total de sus áreas. Solo por medio de esta operacion se podrá dar á los metales mayor fortaleza, siendo el resultado de ambas operaciones la de congregar y unir sus partículas constituyentes con mayor estrechez; lo que puede muy fácilmente hacerse con las barras, pues careciendo de reaccion ceden á cada golpe del martillo, y sus efectos se trasmiten á toda la sustancia, mientras que la reaccion de una barra grande y pesada se opone á aquellas, y la condensacion se halla mas inmediata á la superficie. Un número de barras pequeñas obrando simultáneamente, es sabido que oponen mas resistencia que una de un tamaño igual al de su totalidad. Esto mismo tambien demuestra por qué una barra de hierro liada junta con otra (§. 133) es mas fuerte que otra que esté separada por sí sola.

285. Esta conocida propiedad de las barras pequeñas fue la que indujo á Mr. Tredgold á proponer que se sostuviera al justamente célebre y estupendo puente levadizo de Menia en Wales, con alambres de hierro en lugar de barras de este metal; lo que con toda probabilidad se hubiera llevado á efecto, á no haberse interpuesto la dificultad práctica de impedir la oxidacion de dichos alambres. Los miles de estos que debian invertirse, presentarian consiguientemente una enorme superficie á la accion del aire, comparada con la de la misma área de hierro en las barras sólidas. Se propuso torcer los alambres en forma de sogas cubriéndolas con lona pintada, despues de rellenar las concavidades interiores con pintura, brea ú otra sustancia capaz de preservar el hierro. Mas considerando que las cuerdas de alambre no podian guardar constantemente su posicion ó estabilidad, pues que estarian de contínuo expuestas á la accion del viento y á las vibraciones causadas por el tráfico de los transeuntes y carruajes; se temió que este movimiento quebraria aquella especie de ligamento ó masilla, dejando intersticios que pudieran retener el agua por la atraccion ca-

pilar, y que los alambres que quedaban en el centro de la soga, y no estaban á la vista por la interposicion de los otros, se oxidarian por la parte exterior sin advertirlo, cuya circunstancia podria ocasionar irreparables daños á toda la fábrica. Un proyecto que aparecia teóricamente inmejorable, tuvo pues que abandonarse por las dificultades prácticas que se opusieran á su ejecucion, y se adoptaron las barras de hierro en lugar de las cuerdas de alambre como primeramente se propuso.

286. Las experiencias de Mr. George Rennie pueden tal vez ser las mas exactas y dignas de crédito respecto á las hasta entonces ejecutadas por sus predecesores (pues aquellas se verificaron en circunstancias particulares que les dan valor), y no se llevaron á efecto con el deseo de satisfacer una curiosidad científica, sino con la idea de obtener útiles y provechosos resultados.

Mr. John Rennie, célebre Ingeniero de Inglaterra, fue comisionado para la construccion del puente de Southwark en Lóndres, sobre el rio Támesis. Se propuso constara de solo tres arcos de hierro fundido, teniendo el ojo del centro 240 piés de luz (262,5 piés españoles) y los laterales 220 (240 españoles) cada uno. El arco del centro, el mayor que se hubiese construido en el mundo, y la empresa por su naturaleza estupenda, excitó vivamente el interés público, y á la vez las dudas de los hombres científicos con respecto á la posibilidad de ponerlo en práctica. Temíase que la expansion y contraccion de tan grande masa de hierro la dañarian, puesto que estaba expuesta á los frecuentes cambios de la temperatura, y que siendo tan enorme el peso de los materiales, estos se comprimirian y destruirian entre sí, y los arcos derrumbarian los estribos sobre los cuales habian de descansar. Antes de acometer tamaña empresa, era preciso recurrir á cuantos arbitrios podian sugerir las matemáticas y demostrar la experiencia. Se consultó, entre otros, al venerable Dr. Hutton, que fijó toda su atencion sobre los principios matemáticos de los arcos, y siendo preciso hacer experiencias sobre la *compresion* y *extension* del hierro y de la piedra, Mr. Rennie los puso por obra, auxiliado en esta operacion con el parecer de los que le acompañaron, fruto de las investigaciones hechas con la mayor escrupulosidad y cuidado y con un aparato construido á todo costo expresamente para el efecto; por consiguiente, estas experiencias deben considerarse mas exactas que todas las precedentes. No hay duda alguna, que las investigaciones son de Rennie el mayor y sus dignos colaboradores, aunque

Mr. Rennie quiso atribuírselas á su hijo mayor Mr. George, que estaba asociado á su padre, y probablemente pudo haber sido el único conductor de estos experimentos. Relátanse estas circunstancias con el solo objeto de hacer ver los medios con que contaba Mr. Rennie para hacer aquellos, y por lo cual debe darse entero crédito á los asertos contenidos en su apreciable comunicacion hecha á la referida Real Sociedad.

287. Mr. Muschembrock, que hizo muchas experiencias sobre la tenacidad de los metales, y á las que siempre se les ha dado bastante crédito, establece este hecho bien notable; que todas las ligas de metales son mas tenaces que estos mismos. Este cambio de tenacidad nace de las proporciones de los ingredientes, y de que la relacion para la mezcla de mas tenacidad es distinta en los diferentes metales.

Los siguientes resultados se han escogido entre sus experiencias, y las proporciones que aquí se insertan son las que ofrecen mayor resistencia.

Dos partes de oro con una de plata.......	28000	libras.
Cinco id. de id. con una de cobre........	50000	»
Cinco id. de plata con una de id.........	48500	»
Cuatro id. de id. con una de estaño.......	41000	»
Seis partes de cobre del Japon con una de estaño de Bauca.....................	57000	»
Seis id. de id. Chile con una id. de Malacca...	60000	»
Seis id. de id. de Suecia con una id. de id.	64000	»
El bronce arbitrariamente hecho con cobre y zinc............................	51000	»
Tres partes de estaño puro con una de plomo.	10200	»
Ocho id. de id. con una de zinc..........	10000	»
Cuatro id. de Malacca con una de régulo de antimonio.......................	12000	»
Ocho de plomo con una de zinc..........	4500	»
Cuatro id. de estaño con una de plomo y otra de zinc.........................	13000	»

288. Estos números son de mucha utilidad en las artes. Por ellos se ve que la mezcla del cobre y el estaño forman una liga de mucha resistencia, á que se ha dado el nombre de *metal de cañones*, por ser este el que siempre se ha empleado en la fábrica

*

de las piezas de artillería de bronce. La resistencia del cobre por sí solo nunca excede de 37000 libras, y la del estaño en igual circunstancia de 6000, y sin embargo mezclando estos dos metales, se duplica la tenacidad de la liga, y á pesar de aumentarse su dureza es con todo mas fácil de labrarse, aunque tiene el gran inconveniente de estar mas expuesta á fundirse. Una pequeña porcion de zinc que se mezcle con el estaño, casi duplica la tenacidad de este último, y aumenta cinco tantos la del plomo, y una corta adicion de plomo duplica la tenacidad del estaño. Estas últimas son las mezclas de los metales mas baratos; el conocimiento de estos cambios pondrá al ingeniero en disposicion de poder dar la consistencia necesaria á las cañerías ó tubos conductores de vapor ó de agua, y que resulten caños de tal metal, y de tal grueso y resistencia, que esté en proporcion á la presion que puedan tener y experimentar.

De las maderas.

289. Como adicion á lo que se ha dicho sobre la madera en la seccion destinada á este objeto (§. 82), debe tenerse presente que la madera requiere cierto tiempo para adquirir el vigor y consistencia necesaria. Este tiempo no puede determinarse, pues que no solo depende de la especie á que pertenece, sino tambien de la calidad del terreno y del clima donde se cria. La madurez adquirida por su crecimiento, debe considerarse como una de las buenas y de las mas esenciales cualidades que en ella se requieren; pues un árbol tierno y jugoso no puede nunca ser tan fuerte y de tanta consistencia como un árbol que haya crecido hasta su tamaño natural. Sin embargo no debe ser muy viejo, pues la putrefaccion principia á hacer su efecto por el medio, ó centro. Cuando se considera que un madero se halla en estado completo de madurez, lo que se elige es el corazon ó centro. Pero entre los investigadores ó prácticos de mas crédito hay divergencia de opiniones con respecto al mérito del corazon (nota 77): así es que las experiencias de Muschembrock inclinan á creer que el corazon es la parte mas débil de un árbol, mientras que Buffon asegura directamente lo contrario, pero sin ningun experimento que lo pruebe. Esta diferencia puede traer su origen del uso que estos célebres experimentadores hacian de maderas de todos tiempos y edades. Tanto los vástagos como los árboles tiernos tienen el meollo grande, ligero y poroso, y los círculos de madera que lo rodean participan de las mismas propiedades; pero cuando un árbol ó rama adquiere su entera sazon, el meollo casi desaparece del todo, y la madera que lo circuye adquiere mas dureza y solidez. No se pretende asegurar que sea el pequeño tubo que queda y contiene el meollo, el que recoja y retenga el agua ó humedad que no pueda sustraerse por las salutíferas secreciones del árbol; pero sí es muy cierto que cuando los árboles llegan á envejecer, la putrefaccion principia á hacer su efecto por el meollo, y gradualmente sigue haciendo sus progresos hasta cierto punto; así se ve que los árboles viejos estan generalmente huecos, y muchos palos y maderas que por su exterior aparecen estar sanos, contienen en su interior partes dañadas que no se descubren hasta que no se les asierra (§. 117).

290. La madera que se halla inmediata á la corteza se llama la camisa; es menos dura que la demas, y va siendo por grados mas fuerte, desde el centro á la camisa. Con respecto á la altura, la madera es mucho mas fuerte por el medio del tronco que por la parte donde nacen las ramas y las raices, y la madera de las ramas es mas débil que la del tronco. Todas las ramas nacen desde cerca del centro del árbol, ó al menos del anillo de donde brotan; por esto toda rama forma en el lugar por donde nace lo que se llama *nudo*, y estos nudos debilitan considerablemente la madera por la contorsion de las fibras, y de aquí las ventajas que se deducen de la eleccion de la madera limpia; esto es, madera libre de nudos para las obras buenas y fuertes. Cuando los árboles crecen muy unidos, como sucede en los bosques, la falta de luz y de la circulacion del aire libre son circunstancias poco favorables á la reproduccion de las ramas; por esto, como ya se ha dicho (§. 99), los árboles nacidos en los bosques estan mas destituidos de nudos y generalmente dan maderas mas altas y derechas que las que nacen y vegetan por separado. Puede en gran parte evitarse la camisa ó blanco, despojando de la corteza al árbol algunos meses antes de cortarlos (§. 84); pero la madera de los árboles que vegetan separadamente, es generalmente mas dura y mas compacta que aquellas de que se acaba de hablar, que no han disfrutado de las ventajas que les puede proporcionar el sol y el aire. Los anillos que anualmente se unen y estrechan mas, son los mas fuertes y durables, no obstante la mejora que experimentan las maderas por medio de la sazon que se les dá antes de emplearlas; sin embargo, son mas tenaces y susceptibles á doblarse cuando estan verdes que en su estado de sequedad.

291. El único autor que ha facilitado los medios para poder juzgar de la propiedad de sus experimentos en la madera, es Muschembrock. Este ha descrito minuciosamente su método de operar, y es con seguridad el mejor y mas generalmente adoptado. La madera se cortó en tiras ó listones á propósito para el aparato, y á cada uno se le dió una figura paralelepípeda de $\frac{1}{5}$ de pulgada cuadrada y por consiguiente $\frac{1}{25}$ de pulgada cuadrada de seccion. De aquí se dedujo la fuerza absoluta de pulgadas cuadradas que se insertan á continuacion. Los números expresan los resultados de muchos experimentos, hechos con diferentes especies.

(*Medidas inglesas.*)

Acacia	20000	libras.
Haya y roble	17300	»
Alice	13900	»
Olmo	13200	»
Sáuce	12500	»
Fresno	12000	»
Ciruelo	11000	»
Saúco	10000	»
Abeto	8830	»
Nogal	8130	»
Pino de tea	7650	»
Ciprés	6000	»
Alamo	5500	»
Cedro	4880	»

Los números que estan colocados al frente del roble y el fresno son el resultado de mas de cincuenta experimentos hechos con listones tomados de diferentes partes del árbol, verificándose estas pruebas con el mayor cuidado y escrupulosidad, y así no hay razon para dudar de tales resultados; sin embargo de que son estos considerablemente mayores que los que dan otros autores. Así es que Mr. Pitot, fundándose en sus propios experimentos y en los de Mr. Parent, dice que la mayor resistencia que se le puede calcular á una pulgada cuadrada de roble bueno y sólidó es la de 8640 libras, que viene á ser muy cerca de la mitad menos de lo que se ve en la tabla anterior. Mas debe advertirse que los números de la tabla demuestran la resistencia máxima de las tiras ó listones, ó la

cantidad del peso que puede producir la separacion; pero el que trate de emplear la madera, seguramente que no pensará en sobrecargarla hasta este grado. Puede generalmente decirse que las dos terceras partes de los pesos dados disminuyen de un modo sensible la fuerza ó resistencia de los materiales despues de pasado un período de tiempo considerable; y que la mitad de aquellos es el peso mayor que sin peligro pueden suspender quedando para siempre en la misma disposicion; y esta y aun menor será la parte con que el ingeniero debe contar para sus construcciones.

292. Segun Mr. Emerson, los pesos que sin peligro puede resistir una pulgada cuadrada son los siguientes:

(*Medida inglesa.*)

El hierro	76400 lb.
Bronce	35600
Cuerda de cáñamo	19600
Marfil	15700
Roble, boj, tejo y ciruelo	7850
Olmo, fresno y abedul	6070
Nogal y ciruelo	5360
Abeto colorado, acebo y cédro	5000
Cerezo y avellano	4760
Acacia, haya y sáuce	4290
Plomo	430
Piedra franca	914

Establece igualmente como regla práctica, que un cilindro cuyo diámetro tenga d pulgadas, y sobre el cual se cargue una cuarta parte de su peso absoluto, resistirá

El hierro	135	Cwt. (Peso de 112 lb.)
Una buena soga	22	
El roble	14	
El abeto	9	

293. El lugar que ocupan las diferentes especies de madera en la lista de Mr. Emerson, es muy diverso del que tienen las de Muschembrock en la suya. Pero es difícil adquirir lo cierto en experiencias de esta clase, especialmente cuando han sido tan pocas

las que se han llevado á efecto y anotado. Estas experiencias carecen por lo regular del interés suficiente para que el individuo se empeñe en realizarlas, y el aparato que se requiere para su ejecucion es muy pesado y costoso para estar al alcance de la generalidad. Estas materias deben pues ventilarse y ponerse por obra en los arsenales ú otros establecimientos públicos de diversas naciones, porque en ellos el conocimiento de la fuerza y consistencia de las maderas es de la mayor necesidad; y hasta que estos experimentos no se efectúen y se den á luz, en vano se esperará saber con certeza sus resultados fijos, que no podrán sino extraerse de los resultados comparados de los innumerables experimentos hechos con el mayor cuidado y escrupulosidad.

294. Las barras de metal ó de madera, tales como de las que ya se ha hecho mencion, deben emplearse en los casos que los cuerpos hayan de permanecer siempre fijos y sin movimiento alguno sujetos en un mismo lugar. Pero si se hace necesaria la flexibilidad, por ejemplo, cuando se suspenden pesos, tirando del medio por una polea ó envolviéndolo en un cabrestante ó cilindro, es de necesidad entonces recurrir á las cadenas metálicas, á las cuerdas de cuero ú otra sustancia; y lo que ya se ha dicho de las varas de metal es por consiguiente aplicable á las cadenas de esta misma materia. Sin embargo, la accion no es precisamente la misma que cuando se ejerce una fuerza directa en una vara de metal, sino que es de naturaleza mas complicada, pues participa de una fuerza que se extiende lateralmente ó *detrusiva*, ó que impele ó empuja hácia abajo puestas á la vez en accion. La resistencia de las cadenas metálicas se llevó poco en cuenta hasta ahora treinta años, que se hizo con ellas un ensayo para introducirlas en el servicio del mar, en vez de cables de cáñamo que antes se usaban. A los principios tuvo este proyecto muy poca aceptacion y se pronunciaron todos decididamente en contra de él: expusiéronse mil objeciones, y entre las principales fueron la naturaleza quebradiza del hierro, que lo exponia á quebrarse súbitamente cuando experimentaba algun fuerte sacudimiento, su insignificante elasticidad, y su mucho peso. Argüíase que un cable de cáñamo se dilata considerablemente cuando se le estira con fuerza, y por consiguiente menos expuesto á quebrarse por sacudimientos súbitos, concusiones ó impulsos. La experiencia, sin embargo, ha ido con el tiempo desvaneciendo las dudas, y en el dia se ven muy pocos buques que no tengan por cables cadenas de hierro. Si el peso de esta es mayor que el de los cables de cáñamo de igual resistencia, su bulto es comparativamente menor, y por su flexibilidad son mas fáciles de manejar, se recogen ó adujan con mas prontitud, y ocupan menos lugar. Su peso, que antes se impugnaba, ahora se considera como una de las mayores ventajas, pues cuando una embarcacion está surta, el cable por su peso queda en parte sumergido en el cieno, y en parte formando una curva hácia aquella, de modo que si el impulso del viento ó la corriente la apartan de su ancla, la cadena se suspende y queda casi tirante por su tendencia constante á quererse sumergir. Se ve que por esta circunstancia la embarcacion tiene mas juego que con un cable de cáñamo, pues este como que es flotante casi se estira, con muy poca tendencia á sumergirse, y por consiguiente no ofrece mas juego que el que le concede la fuerza expansiva de su material. Cuando no se necesitan estas cadenas de hierro, pueden colocarse en la bodega y servir de lastre, mientras que el cable de cáñamo pronto se pudre si no se expone al aire. El capitan Samuel Brown, de la marina inglesa, que fue uno de los abogados mas entusiastas y acalorados á favor de la introduccion de los cables de hierro, y se hizo despues un gran fabricante de este género, era hombre hábil y científico, é hizo muchos experimentos sobre su resistencia para recomendar su sustitucion. Entre los varios puntos que se discutian vino al fin á decidirse que un cable de hierro de $1\frac{1}{4}$ pulgada era de mas resistencia que el mayor de los que entonces se manufacturaban de cáñamo, los cuales tenian cerca de 8 pulgadas de diámetro ó 24 pulgadas de circunferencia.

295. Estas *cadenas cables* ó cables en forma de cadenas, se construyen con barras redondas de hierro ó cabillas (§. 131). Destinada esta clase de hierro para este objeto, se hizo necesario el uso del martillo y hubo de ponerse mas cuidado en su construccion, para lo que se escoge el mejor hierro y se construyen con gran cuidado: se vende este hierro bajo la denominacion de *hierro de cable*, y cuando puede conseguirse este, es el hierro mejor y mas tenaz que se labra, pues resiste el duplo mas que las barras comunes.

296. Si á los eslabones de estas cadenas se les da una forma circular, la fuerza de tension que se ejerce en ellos los dilata ó extiende dándoles una figura oval; por consiguiente la hechura que deben llevar es la primera. Podria suponerse que si la fuerza fuese de suficiente magnitud, esta los prolongaria ó extenderia hasta re-

ducirlos á óvalos mas largos y unidos; mas por los experimentos del capitan Brown está probado que lejos de suceder así, la fuerza compuesta que se ejerce en cada eslabon dá lugar á que ambos lados se unan y tomen aproximadamente esta figura ∞ antes de prolongarse ó extenderse; cuyo enlace va afianzando los eslabones con tal firmeza, que al fin viene la cadena á perder su flexibilidad. Para evitar este inconveniente, el capitan Brown introdujo una pequeña columna ó division de hierro colado en cada eslabon, con el objeto de mantener los lados á la distancia conveniente, y esta operacion tuvo tan buen resultado, y aumentó á tal grado la fuerza y resistencia de las cadenas, que la invencion le valió una patente y en el dia se ha adoptado generalmente. La fuerza y resistencia de las cadenas se experimenta antes de sacarse de las fábricas, y el resultado de algunos de los experimentos sobre aquellas circunstancias se hallan en un lugar donde probablemente no se buscarian, á saber, en los ensayos sobre la resistencia de la madera por Barlow, páginas 221 y 237 (*Barlow's Essays on strength of timber*, páginas 221 y 237).

297. Usanse generalmente en el dia en las grúas, cadenas pequeñas de hierro en lugar de cuerdas, para suspender en las fábricas de edificios hierro ó piedras, y en las canteras y minas de carbon. Las noticias de sus buenos efectos por Mr. G. Gilpin, propietario del parque viejo de obras de hierro de Shropshire en Inglaterra, publicadas en las Transacciones de la Sociedad para el progreso de las artes manufactureras y comercio de Lóndres, confirman sus bien conocidas ventajas. Dice así: «Despues de tres años de experiencia, en los que me serví de una cadena, sin que esta experimentara accidente ó impedimento alguno, vine á asegurarme que su costo comparado con el de una cuerda es como 43 á 171, y aun á mas; esto es, que una cadena nueva costó 43 libras, y al cabo de tres años de uso se gastó menos de la cuarta parte, mientras que se habian antes empleado 10 cuerdas de á 8 peniques la libra, que completamente se gastaron en el mismo período, y despues de haber computado el valor de estas, ascendió su costo á 171 libras. Cuando Mr. Gilpin pensó adoptar la cadena (que era de 120 varas de largo), temió que su peso podria oponer alguna dificultad con el aumento que recibia del peso que habia de extraerse de la mina; mas luego vió que una cadena de $4\frac{1}{2}$ libras por vara, ó con peso de 540 libras, tenia la fuerza suficiente para su objeto; y como que la cuerda habia necesariamente de ser gruesa, para que

fuese tan fuerte como la cadena, notó que ambas pesaban casi el mismo número de libras.

298. Para calcular la fuerza de las cadenas de hierro será prudente considerarlas como una sola barra de hierro forjado, del mismo grueso que aquellas que hayan servido para su construccion. Es verdad que cada eslabon tiene dos lados que los hace aparecer de doble mayor resistencia, pero el hierro no tiene mas que uno por aquella parte donde unos eslabones cargan sobre otros. Este apoyo no es directo, sino que participa de la naturaleza de una fuerza lateral hácia el punto de contacto, y de otra fuerza que dilata ó extiende hácia los dos lados del eslabon; y el que escribe no recuerda que esta accion complexa haya sido en ningun tiempo considerada ó investigada matemáticamente, como tampoco cree que exista una tabla que demuestre la contorsion ó impulso que una cadena pequeña puede resistir sin partirse. El peso de las cadenas de eslabones cortos, hechas del mejor hierro, y propias para grúas ó para emplearlas en poleas, está ya establecido por los resultados que se obtuvieron de los experimentos hechos por un amigo, como ya se dijo (206).

299. Las cuerdas se componen de muchas fibras pequeñas, muy unidas por medio de la operacion que se les hace de torcerlas ó hilarlas, y esta sirve para dos objetos: reune las fibras y las hace obrar á un mismo tiempo, con lo que aumenta su resistencia en general; pues si una fibra es mas débil que las otras, ó está mas delgada por una de sus partes que por las demas, adquiere fuerza y resistencia de las que se hallan mas inmediatas.

300. En el exámen de los vários materiales fibrosos de uso mas comun, segun sus diámetros, la seda es seguramente la mas fuerte; á esta siguen el lino, cáñamo, algodon y otras materias vegetales. La seda y el lino son muy costosos para servirse de ellos por mayor, y el algodon es muy débil; así es que en Europa se recurre generalmente al cáñamo para manufacturar las cuerdas; pero en otros paises se sirven de otros materiales, que les son mas convenientes. En la América del Sur, por ejemplo, y en Méjico, todas las cuerdas se hacen de las fibras del aloe (*disticha* de Linneo). El velámen y jarcia de los naturales de las Indias Orientales se hacen igualmente con las capas externas y fibrosas del coco. A una gran parte de las cuerdas usadas en los Estados Unidos, se les da el nombre de *cuerdas de yerba* (nota 78) (*grass-ropes*), que se cree sean de la fibra de la *yucca*, parecida á una especie de *yerba de oso*

(*bear-grass*), segun le nombran en el pais. En conclusion, casi todc los vegetales de alguna altura, cuyas fibras sean fuertes y consi: tentes, pueden servir para esta clase de manufacturas. La socieda de Progresos de Artes &c. de Lóndres, ha llamado muy particulai mente la atencion hácia este objeto, y si se consultan los volúme nes de sus tareas anuales, en ellos se verá que puede conseguirs hilo muy fino y fuerte de los tallos de la ortiga comun y del hab: y que los troncos del lúpulo dan un material basto y fuerte, com igualmente sucede con la corteza del limonero y varias otras prc ducciones vegetales (nota 79).

301. Sin embargo, el valor de esta diversidad de materiale consiste en su fuerza y duracion, y en la resistencia que puedai oponer á los frecuentes y diversos cambios que experimenten, tale como cuando se mojan y enjugan alternativamente, se doblan (enderezan, ó se ven expuestos á otras ocurrencias casuales. Des pues de un sério exámen de sus varias propiedades, se saca por últi mo que el cáñamo parece superior á todos aquellos con los cuales s(han hecho experimentos, desde que se principiaron á poner por obr: hasta el dia. Una de sus mejores propiedades es la de no alterars(en nada su fuerza cuando se dobla súbitamente, como sucede cor las cuerdas de aloe ó *yerba*; pues manejadas de este modo, comc v. gr., haciendo con ellas un nudo, pierden considerablemente su: fuerzas, si préviamente no se las sumerge en agua; y aun así nc son tan fuertes por la parte que forma el nudo como por las demas en su estado natural. Pues que el cáñamo es el mejor material que se conoce, y que con él se han hecho mas experimentos que con cualquiera otro, se harán algunas observaciones solo sobre las cuerdas construidas con este material.

302. Cuando se reune y junta un número de pequeñas fibras torciéndolas ó hilándolas, al hilo que por medio de esta operacion se forma, sea cual fuere el material, se le dá el nombre de *filástica*. Esta se puede hilar fina ó gruesa, segun sea el objeto para que se la destine. Así, todas las clases de hilo que se emplean en la costura, por muy finos que estos sean, han de constar de dos filásticas, á lo menos, y estas han de ir torcidas ó hiladas todas juntas. Mas la filástica para las cuerdas es mucho mayor, y por lo regular tiene un octavo de pulgada de diámetro. En los arsenales de la Gran Bretaña, se le dá el grueso segun su resistencia; así es que cada filástica debe sostener separadamente un peso de 112 libras: por consiguiente pueden llevar mayor ó menor grueso, según la calidad

del material que se emplee. Una cuerda se compone, por lo regular, de 16 á 25 filásticas que se tuercen juntas, y á esto llaman en las cuerdas gruesas *cordon*. Nunca se hacen estas inmediatamente con la filástica, sino que se tuercen juntos dos ó mas de estos *cordones*. Valiéndose del idioma de los cordeleros ó fabricantes de cuerdas, tres *cordones* forman unidos una *guindaleta*, pero cuando se emplean cuatro, entonces se llaman *obenques*. Un cable es la union de tres guindaletas ó tres obenques: á esta operacion de hilar ó torcer dan el nombre de *colchar cabos*.

303. Si se desenvuelve una cuerda por un extremo, pueden contarse el número de filásticas que la componen, y como que cada filástica puede resistir 112 libras, fácilmente podrá calcularse la resistencia de las cuerdas nuevas; sin embargo, la misma formacion de una cuerda hace esta operacion impracticable. Si las fibras se extendieran en línea recta de uno á otro extremo de la cuerda, podria entonces acercarse á la verdad, pero el mismo torcido de aquellas, dá una direccion oblícua á su accion en lugar de la directa. Estas fibras ocupan una posicion mas recta hácia el centro, que las que siguen por la parte exterior; por consiguiente, las primeras experimentan toda la violencia de cualquier impulso que se las dé, mientras que las segundas apenas sienten sus efectos. Si se tomasen en cuenta las fibras ó filásticas, nos serviria esto de norte para calcular la resistencia de las cuerdas, del modo que por lo comun se manufacturan; y aquellas que se forman de este modo no tienen, ni aproximadamente, la misma resistencia que si el número de filásticas que las componen obraran separadas é independientes unas de otras.

304. El difunto Capitan James Huddart, que sirvió á la Compañía inglesa de las Indias Orientales, considerando los grandes inconvenientes que á cada paso ofrecian las cuerdas gruesas, y causaba la desigualdad ó imperfeccion de su torcido, y la poca regularidad del movimiento que á causa de esta imperfeccion experimentaban las filásticas individualmente cuando se las daba impulso, ideó el medio mas sencillo y admirable, al que llamó *regulador* y con el cual se acude con varias porciones de filástica á las diferentes partes del cordon ó cabo que se tuerce ó colcha. La porcion de filástica que forma el centro nunca se desvia de su direccion recta, mientras que se emplea otra mayor por la parte exterior, que por su posicion oblícua, se extiende por un espacio tambien mayor. Por este medio, y por la circunstancia de no ser el torcido tan

fuerte ó comprimido como lo era anteriormente, se logra formar las cuerdas mas perfectas y uniformes, en tal grado, con relacion al equilibrio de sus propias partes, que en ellas no se observa tendencia alguna á retorcerse, aun cuando sean nuevas. Cuando se experimentaron sus sogas, se notó que lejos de perder las fibras su resistencia individual y originaria, se auxiliaban unas á otras, y oponian sus fuerzas reunidas, mayores aun que las que anteriormente poseian. Despues de pasado el tiempo de concedida la patente de esta invencion, algunos de los principales fabricantes de este género adoptaron su método, y sus ventajas fueron pronto conocidas por la gente de mar.

305. La operacion de alquitranar ó embrear los cabos y jarcias, en general, poco puede influir en la fuerza de los materiales con que estos se forman, y sin embargo por medio de ella se cree darles mas resistencia. Si así sucede, no puede fundarse en otro principio sino en que el alquitran une las fibras; y adhiriéndolas unas á otras hace que aquellas partes obren todas á la vez, pues que sin este auxilio obrarian separadamente. Pero el verdadero fin á que se aspira con el uso del alquitran, es el de precaver de la humedad que sin su auxilio, podriria las cuerdas; como asimismo para impedir la introduccion de la arena en el centro de dichas cuerdas, lo que les es muy perjudicial por el constante movimiento en que se tienen, pues con la friccion se gastan y destruyen las fibras interiores.

306. La prueba que por experiencia se sabe es la mejor y debe ponerse en práctica para conocer la resistencia de una cuerda nueva hecha del mejor cáñamo y sin alquitran, es colgándole un peso que ha de sostener sin alterarse, y que en toneladas equivalga á la cuarta parte del cuadrado de su circunferencia calculando á tonelada por pulgada. De modo que á una cuerda de $2\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro puede dársele una circunferencia de 9 pulgadas, cuyo cuadrado es de 81 pulgadas; y si estas se dividen por 4 darán por cociente $20\frac{1}{4}$ toneladas que debe sostener esta cuerda dándosela un buen impulso. Pero como estas cuerdas están mas ó menos expuestas á sacudimientos y concusiones violentas, sería mas prudente tomar una quinta parte en lugar de $\frac{1}{4}$ del cuadrado de la circunferencia con lo que se reduce el peso que ha de aguantar la cuerda á $16\frac{1}{5}$ toneladas. Agréguese á esto, que como esta regla no se aplica sino á las cuerdas nuevas hechas del mejor material, y que el cáñamo de inferior calidad, ú otras sustancias mas baratas ó de menos consis-

tencia, se misturan generalmente con aquel, y si al mismo tiempo se tiene presente que estas cuerdas han de durar por mucho tiempo, se verá que no es prudente aplicar mas de la mitad de este peso á una cuerda que ha de usarse constantemente, pues si se dilata desde el principio hasta donde puede extenderse, muy pronto se destruirá.

La regla que el Capitan Huddart estableció en su fábrica de cuerdas, y bajo la cual garantizaba todas las que allí se manufacturaban, era multiplicar el cuadrado de la circunferencia de la cuerda por 900: por esta operacion se obtenia el número de libras que aquella sostendria sin peligro. Si se recuerda el ejemplo ya referido de una cuerda de 9 pulgadas de circunferencia, será $9^2 \times 900 = 32\frac{1}{2}$ toneladas, ó bien un tercio mas de lo que sostendria una cuerda comun (nota 80).

307. Mr. Du Hamel dice que una cuerda embreada es menos fuerte que otra del mismo diámetro sin esta circunstancia; da una tabla comparativa de los experimentos hechos con cuerdas de 3 pulgadas para probar su asercion, y en ella se nota que la resistencia de las cuerdas embreadas es muy inferior á la de las que no lo son, mas sin dar las razones que expliquen este fenómeno que es bien sabido de todos los fabricantes de cuerdas. Estos por lo regular llevan lo mismo por las unas que por las otras, y muchos venden la fineza de no cargar nada por el alquitran y el trabajo de aplicarlo. Pero el caso es que las filásticas se alquitranan separadamente sumergiéndolas en una vasija de esta sustancia hirviendo, antes de torcerlas y formar con ellas los cabos ó cordones; el alquitran hirviendo hincha las fibras, á las cuales se adhiere cierta cantidad de aquella sustancia de modo que se aumenta visiblemente el diámetro de las filásticas, y por consiguiente el número de estas será menor del que se requiere para formar una cuerda de cáñamo limpio. Esto basta para demostrar la falta de resistencia de las cuerdas embreadas; mas si en vez de comparar las cuerdas con sus diámetros, se compararan con el número de filásticas que contienen, se cree que entonces llevarian la ventaja las embreadas. El comprador desprevenido, cuando llega á comprar una cuerda embreada, no considera que cada libra de dicha cuerda no tiene mas de 14 onzas de cáñamo, porque las otras dos son de alquitran, y que por ambas cosas le cargan el mismo precio, siendo el cáñamo á lo menos diez y seis tantos mas costoso que el alquitran. Mr. Du Hamel continúa diciendo, que está probado por la experiencia, que

las cuerdas de uso continuo sin alquitranar son una tercera parte mas duraderas que las alquitranadas, que retienen y conservan su resistencia mucho mas tiempo cuando están almacenadas, y que resisten á la intemperie una cuarta parte mas que las últimas. Estas observaciones merecen llamar la atencion de los prácticos, pues son de bastante interés: sin embargo, hay casos en que se hace necesario valerse de las cuerdas embreadas, tales como en los aparejos de buques, las que por su destino ó posicion no se mueven de un lugar á otro, ni hay que correrlas por motones ó carrillos: de este número son el estay mayor, estay de trinquete y obenques, por medio de los cuales se sujetan y mantienen los palos en su posicion vertical. Empléanse en estos casos, porque las cuerdas sin aquel requisito (y en particular las nuevas) son en extremo higrométricas, pues se dilatan y contraen á la larga, y en sumo grado cuando se secan ó humedecen: la humedad obra en ellas contrayendo, y la sequedad dilatando ó extendiendo. Esta contraccion causada por la humedad se ejerce de tal modo, que si una cuerda perfectamente seca se la estira hasta su mayor extension y en este estado se moja, se partiria ó arrastraria tras sí los fragmentos de la parte á donde estuviere atada, si esta parte fuere mas débil. Así es que á un mástil sostenido en su posicion correspondiente por cuerdas sin embrear, les bastaria un chubasco para afectarlas ó contraerlas, y consecuentemente doblarian á aquel, ó estas se partirian; y al contrario, si este mismo mástil se ata fuertemente con cuerdas que esten mojadas, con solo algunas horas de sol se aflojarian considerablemente. Todo lo que sea capaz de destruir la propiedad higrométrica de las cuerdas, haciéndolas menos absorbentes de humedad, ó impedir del todo esta propension, debe en todos casos adoptarse, y para este efecto no hay cosa mas á propósito que el alquitran ó la pintura. Esta materia es digna de ocupar la atencion del ingeniero, que en el curso de la práctica tiene que valerse de *plumas* ú otros aparatos que se sujetan por las cabezas con cuerdas ó *vientos*, y sirven para suspender piedras, grandes maderos ú otros pesos, y estas plumas sujetas por cuatro ó mas vientos que obran en sentidos opuestos se asemejan mucho en su accion á la de los mástiles de los buques. En los planos inclinados que se han introducido en los ferro-carriles, para vencer las desigualdades del nivel del terreno por donde pasan los carros ó pesos, se suspenden ó bajan á estos planos por medio de una cuerda á que dan el nombre de cuerda sin fin ó perpetua, que se describirá en su lugar correspondiente; y en esta es donde la expansion es causa de muchos inconvenientes, y sirve de un gran estorbo; pues como quiera que la cuerda ha de estar en un continuo movimiento de extension, por tener que pasar por polines ó rodillos colocados en las partes superior é inferior del plano inclinado, debe precisamente aflojarse ó partirse por la contraccion sujeta á los mismos cambios del tiempo, si no se adoptan algunos medios para variar la distancia que hay del uno al otro rodillo, segun varíe el largo de la cuerda. Esta mudanza tan precisa, se hace de alguna consideracion cuando la cuerda es larga, como sucede con la que se emplea en el plano inclinado del ferro-carril de Colombia que principia desde el rio Schuylkill en las inmediaciones de Filadelfia, y tiene cerca de una milla de largo, necesitando una cuerda perpetua de dos millas, y á la cual se atan los carros cuando la ocasion lo requiere.

308. Las cuerdas se compran ó avalúan por su peso, pero se distinguen por su circunferencia en pulgadas. Así pues, la que llaman cuerda de 3 pulgadas no tiene mas que una de diámetro; y cuando se dice un cable de 24 pulgadas (que es el mayor que generalmente se hace) debe entenderse uno de 8 pulgadas de diámetro.

309. Usase igualmente el cuero curtido y sin curtir en lugar de cuerdas para oponerlo á la resistencia, empleándolo ventajosamente en los lugares secos, pero no sirve para el efecto si se exponen alternativamente á la humedad y sequedad. Las precintas ó tiras de cuero de toro ó caballo de 4 á 5 pulgadas de ancho, cosidas de modo que formen dos gruesos, y que las extremidades de cada pieza que formen un grueso vengan á parar al centro de la pieza contigua ó á juntas encontradas, se usan muy comunmente en las minas de carbon de Staffordshire, y otros lugares interiores de Inglaterra, para suspender el material que de ellas se saca, y dícese que son mas económicas que las cuerdas comunes y que duran mucho mas tiempo. Pero el uso que principalmente debe hacer del cuero el ingeniero es reducirlo á tiras ó fajas, cuando haya que emplearlo en máquinas impulsivas ó giratorias, en las cuales haya poleas y grandes ruedas llamadas *aparejos*, y rodear estos de dichas tiras ó fajas que han de moverse á su rededor por solo la friccion que se ejerce entre las superficies. Las tiras ó fajas empleadas de este modo, son mucho mas económicas que las ruedas dentadas, y en algunos casos no solo son mas convenientes sino que producen una accion mas segura y de mas efecto, particularmente en los casos que una máquina voluminosa haya de pararse ó darle im-

pulso alternativamente. De modo, que el movimiento de rotacion puede comunicarse de un lado á otro de un molino por medio de dichas tiras ó fajas, que de otro modo no podria verificarse á menos que para este efecto no se empleara un largo cilindro giratorio. Puede dársele al movimiento una direccion directa ó inversa, colocando la faja al rededor de los aparejos ó bien cruzándola, mientras que en las ruedas de hierro no podrá conseguirse si no se emplean para ello tres de estas. Cuando se ponen en movimiento máquinas voluminosas, ó hay que pararlas con frecuencia, la inercia comun á la materia es múchas veces causa que se partan los dientes, pues nada cede ni sale por sí solo de su lugar; mas si este impulso se comunica á las ruedas fajadas, la faja se deslizará por la superficie de las ruedas y andará con la suficiente velocidad tanto al principio como al fin del movimiento sin ocasionar daño de ninguna especie: es pues por esta y otras razones por las que el ingeniero debe fijar su atencion en este objeto. Para las máquinas de pequeño volúmen, tales como taladros de tornos de platero, reguladores de máquinas de vapor y otras semejantes que no requieren mucha superficie para recibir la friccion, bastarán las cuerdas de violin ó guitarra ó un cordon hecho de los intestinos de algun animal, torciéndolos cuando húmedos y dejándolas secar despues para el uso. Empléanse estas generalmente en los violines, guitarras y otros instrumentos músicos, y si se conservan secos es una de las sustancias animales mas duras y de mayor consistencia. La fuerza de una faja para una máquina impulsiva, se aumenta dándole á esta mas ancho ó aumentando el diámetro de los tambores ó aparejos por donde pasa, ofreciendo así mayor superficie para la friccion, y esta se aumenta á veces, si dichos tambores se embarran en la ocasion ó rocian con pez rubia en polvo.

310. La fuerza comparativa de los materiales que generalmente se emplean en las fajas para esta clase de máquinas, puede juzgarse por la siguiente exposicion del módulo de coherencia de cada sustancia, ó el largo en piés de una pieza de la misma magnitud que se requiere para vencer su coherencia ó dividirla en pedazos, segun los cálculos de Mr. Beran, ingeniero inglés, publicados por el Dr. O. Gregory (*Gregory's Mathematics for practical men*, pág. 411):

Cuero de toro curtido....................	10250 piés.
Id. de ternera..........................	5050
Cuero de caballo........................	7000
Id. de carnero..........................	5600
Cordoban................................	3720
Cuero de caballo crudo..................	8900
Cordel de cáñamo........................	75000
Tripa de gato...........................	23000

De la fuerza y adhesion que por sí tienen los clavos, los tornillos y la cola.

311. Todo carpintero sabe emplear correspondientemente cada uno de estos materiales y conoce las ventajas que de ellos resultan; pero hasta ahora poco no se ha examinado ni hecho experiencia alguna con ellos que merezca la atencion, y es al citado Mr. Beran á quien debemos algunos descubrimientos sobre la materia, y quien al parecer ha sido el único que la ha considerado detenidamente. Todos los experimentos que ha hecho los ha verificado con mucha atencion y cuidado; sus resultados los dió al público por medio del *Magazine Philosophique*, en cuya obra se ven varios de sus documentos que demuestran la exactitud y detenimiento con que investigó la materia y la gran atencion que le mereció.

312. Mr. Beran observa que las investigaciones teóricas demuestran una igualdad de resistencia en la entrada y extraccion de un clavo, suponiendo que este fuese igual y parejo en todas sus partes; pero como la hechura de los clavos es desigual, pues por lo comun va de mayor á menor á rematar en punta, la resistencia de la entrada debe ser mayor que la de la extraccion; en algunos casos se nota la diferencia como de 6 á 5.

313. La tabla siguiente demuestra la adhesion relativa de los clavos de varias clases cuando se les fuerza ó clava en pino seco de Christiana en ángulos rectos al hilo de la madera.

NUMEROS ó clasificacion de los clavos que se usan.	NUMERO de los clavos que entran en la libra.	LARGO de los clavos en pulgadas.	PULGADAS que entran en la madera.	LIBRAS que se requieren para la extraccion.
Tachuela fina...........	4560	0,44	0,40	22
Idem.................	3200	0,53	0,44	37
Ala de mosca de 3 peniques.	618	1,25	0,50	58
Clavos de hierro colado...	380	1,00	0,50	72
Clavos de 6 peniques.....	73	2,50	1,00	187
Idem.................	»	»	1,50	327
Idem.................	»	»	2,00	530
Clavos de 5 peniques.....	139	2,00	1,50	320

314. La fuerza percusiva que se requiere para hacer entrar con un peso de hierro colado de 6275 á un clavo comun de los de á 6 peniques hasta la profundidad de pulgada y media en pino seco de Christiana, es la de cuatro golpes dados bien á plomo con una superficie de 12 pulgadas, y la presion fija para causar el mismo efecto de 400 libras.

315. Para extraer un clavo de 6 peniques clavado al través del hilo de una pieza de olmo seco hasta la profundidad de 1 pulgada, se necesitaron 327 libras, y el mismo clavo, clavado longitudinalmente en dicha madera, se extrajo con la fuerza de 257 libras. El mismo clavado hasta la profundidad de 2 pulgadas y del mismo modo en un trozo de pino seco de Christiana, tambien se extrajo con otra fuerza igual á la anterior; para extraerlo hasta 1 pulgada y bajo las mismas circunstancias, solo se necesitaron 87 libras. La adhesion relativa de la misma madera cuando se clava en ella trasversal ó longitudinalmente, es de 100 á 78, ó como 4 á 3 en el olmo seco, y 100 á 46, ó 2 á 1 en el pino. En iguales circunstancias la adhesion relativa de este y la del olmo, es como 2 ó 3 á 1. En otras especies de madera varió la fuerza invertida para extraer los clavos. Así pues, para extraer un clavo de á 6 peniques clavado á la profundidad de 1 pulgada en roble seco, fue necesaria la fuerza de 507 libras, y para efectuar igual operacion en haya seca 667, y en el sicomoro verde 312 libras.

De estas experiencias debe inferirse, que un clavo comun de 6 peniques que se clava en el roble hasta la profundidad de 2 pulgadas, requiere una fuerza fija de mas de ½ tonelada para poderlo extraer. Los clavos ligeramente oxidados se adhieren mas fuertemente que aquellos que están limpios, y son enteramente nuevos. Así es, que los constructores de molinos ó máquinas, con frecuencia mojaban sus clavos con una solucion de sal amoniaco cruda con la idea de conseguir este objeto, y en este estado hacian uso de ellos en los casos en que se requeria una fuerte adhesion. Esta operacion es innecesaria en el roble, á menos que no esté muy seco, pues los jugos naturales de esta madera oxidan todo lo que se clava en ella. Los clavos fraguados se adhieren mas fuertemente que los cortados, y esto es debido probablemente á la mayor rectitud y lisura de la superficie de los primeros que en los formados con el martillo, pues los clavos solo se sujetan por la compresion que existe entre ellos y la madera. Llámase á los clavos largos *espigones*, y á estos se les suele dar algunos cortes en sus ángulos para aumentar la friccion y adhesion, y entonces adquieren la naturaleza del tornillo, pues este se adhiere mas que el clavo por medio de su rosca, la cual á la par que se introduce va agarrándose de la sustancia de la madera; por consiguiente, un tornillo no puede extraerse con una fuerza directa sin romper toda aquella parte de la madera en donde se ha introducido, por lo que la adhesion de los tornillos es mucho mayor que la de los clavos.

316. La cola es un material bien conocido y de mucho consumo entre los ebanistas y ensambladores para unir y pegar unas con otras las piezas de madera. Fórmase este material echando el cuero, las pezuñas, y otras partes del animal en agua caliente; colándose despues el líquido para limpiarlo de las impurezas, y despojarlo de la materia sólida, y últimamente evaporando el agua hasta que el resíduo adquiera la consistencia debida para aplicarlo. La cola que cuando fria está disuelta y con la apariencia de un líquido gomoso ó gelatinoso, es la *sisa* de que generalmente se sirven los pintores y entapizadores; por consiguiente esta sisa que no es fácil encontrar fuera de las grandes ciudades, puede hacerse en cualquier tiempo disolviendo la cola, para lo cual debe emplearse el agua hirviendo. La cola se vende en pastas semitrasparentes y muy duras si están secas, en cuyo estado se mantienen mucho tiempo sin experimentar alteracion alguna. El mayor inconveniente que ofrece la cola es su solubilidad en el agua: así es que no puede emplearse exteriormente en las obras de madera, ni aun interiormente en aquellas que están expuestas á la humedad, á menos que no se pongan al abrigo de esta con pinturas oleosas ó

barnices, y entonces se conserva muchos años. Para aprovechar el mayor grado de fuerza á que llega la cola, debe usarse inmediatamente despues de disuelta cuando aun está caliente, porque si despues de hallarse así se deja enfriar y se guarda por mucho tiempo en este estado, como lo verifican generalmente los carpinteros, se pone quebradiza y no pega con tanta fuerza como en el primer caso. La cola picis es la mejor y mas pura: esta se saca de la gelatina de cierto pescado en vez de la sustancia animal. Es tan soluble como otra cualquiera cola, en agua á punto de ebullicion, pero tiene la ventaja de ser casi insoluble en el agua fria. De aquí es que las ensambladuras en donde se emplea esta cola jamás se afectan por la humedad de la atmósfera, por carecer del grado de calor suficiente y por esta razon se sirven de ella los fabricantes de violines y guitarras para pegar estas y todos los instrumentos de música en cuya construccion solo se emplea cola ordinaria.

317. Para conseguir la mayor firmeza ó adhesion en un ensamblado encolado, la madera á que se aplica la cola debe ser ligeramente absorbente, arreglando de tal modo las superficies que se ajusten todo lo mas que sea posible, sin cuyo requisito no debe de ningun modo ponerse. Estas superficies deben ser lisas pero no pulimentadas, y se cuidará que vayan bien limpias y libres de grasa ó alguna otra materia resinosa, causa por qué las superficies del pino amarillo ensambladas y encoladas ofrecen tan poca seguridad. La cola no debe contener tierra ó arena que impida el contacto inmediato; deberá estar tan bien disuelta en el agua que pueda correr con facilidad por la superficie que precisamente ha de absorberla, y últimamente se aplicará todo lo mas caliente que se pueda. Ambas superficies se bañarán, si es posible, con la cola, y si esto no pudiese ser y la ensambladura es recta, se rozará un canto de la tabla con el que hubiere recibido el baño de cola hasta que se cubran con él ambas superficies, y la cola supérflua brote por medio de la fuerte presion que inmediatamente deberá aplicarse, valiéndose para el efecto de unos instrumentos llamados *tornillos de encolar*, ó en su defecto se emplearán mordazas ó torniquetes, oprimiendo ambas superficies y poniéndolas en contacto inmediato todo lo mas unido posible. Despues se dejan así á un lado sin tocarlas por muchas horas, hasta que la cola se enfrie ó se consuma el agua que antes contenia: el tiempo invertido en esto depende del estado de la atmósfera en

los momentos de verificar la operacion, ó de la temperatura del lugar en donde se emplea. Una ensambladura bien ejecutada se encontrará tanto ó mas fuerte en algunos casos, que la madera misma. La cola puede adherir las maderas, el cuero, el papel y todo lo que sea absorbente, pero no puede emplearse para unir los metales, ó estos con las maderas, con el vidrio, la porcelana, ó con las piedras duras, puesto que no son absorbentes, y aquella no puede adherirse á sus superficies. Para unirlos es preciso recurrir á la mezcla, el yeso, el estuco, la potea (nota 81), el albayalde preparado, ú otras materias resinosas, como pez rubia derretida, lacre, cera &c.

318. El mencionado Mr. Beran ha sido el único que publicó los resultados de experiencias hechas sobre la fuerza adherente de la cola; este autor encoló por los extremos dos cilindros de fresno seco, ambos de $1\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro y como 8 de largo; y al cabo de las treinta y cuatro horas de unidos se requirieron 1260 libras para separarlos; por consiguiente, siendo el área circular de los extremos de dichos cilindros de 1,76 de pulgada, para separar una pulgada cuadrada será menester emplear una fuerza de 715 libras. Este experimento se hizo con cola fresca recientemente disuelta para este objeto, y despues de haberse renovado varias ocasiones con cola que repetidas veces se puso y retiró del fuego y á la cual se iba progresivamente agregando agua y de aquella sustancia, esto produjo un resultado de 350 á 560 libras por pulgada. En estos experimentos se aplicaba la fuerza gradual y perpendicularmente hácia el centro de las superficies encoladas. La fuerza se mantuvo generalmente hasta dos ó tres minutos antes de verificarse la separacion; despues de esta se examinaron las superficies en contacto, y apareció la capa de cola muy delgada sin haberse adherido en toda la extension de la juntura, de donde se infiere que la adhesion de la cola debe ser algo mayor que la de 715 libras por pulgada cuadrada (*M. i.*).

319. Tambien hizo Mr. Beran la prueba de la coherencia lateral en una pieza de pino escocés bien seco y sazonado, y vió que se requerian 562 libras por pulgada cuadrada para dividirla, de modo que si se encolan juntas dos piezas del mismo metal, cederá antes la sustancia que la parte ensamblada.

320. Por un experimento hecho posteriormente se calculan á la cola 4000 libras de fuerza coherente por pulgada cuadrada inglesa, de lo que debe inferirse que su aplicacion como materia

pegante no dá tan grandes resultados como debieran esperarse; que es defectuoso el método hasta aquí usado para emplearla, y que este puede mejorarse.

De la fuerza de torsion.

321. Solo resta hablar en la presente seccion, con la que se concluye este capítulo, de la resistencia que una viga ó eje opone á una fuerza empleada en torcerla en rededor, á la que se le dá el nombre de fuerza ó resistencia de torsion. Esta fuerza es semejante á la de la palanca y gira en rededor del eje ó línea céntrica de la viga, y así la considera é investiga Mr. Tredgold. Por el contrario, el profesor Mr. Robinson, contradiciendo la opinion de Tredgold, considera la viga como una série de tubos concéntricos colocados los unos dentro de los otros. Las demostraciones y ejemplos dados por Mr. Tredgold, son tan extensos que no podrán insertarse ó hacerse de todos ellos mencion en este lugar, por lo que se aconseja al estudioso que se refiera á ellos (*), seguro de encontrar ámplios ejemplos, y direcciones concernientes á las mas de las formas y materiales empleados en la práctica. Las observaciones de Mr. Robinson son mas generales y concisas, y por consiguiente las que se adoptan en esta explicacion (**).

322. Este observa que no es posible concebir bastante bien aquella modificacion de la coherencia de un cuerpo por la cual resiste á esta especie de tirantez ó compresion; pero que no queda duda que cuando todas las partículas obran del mismo modo, la resistencia debe ser proporcionada á su número. Así pues, si se supone que las dos partes, *ab*, *cd*; y *ab*, *fe*, figura 25, del cuerpo *efcd*, son de una fuerza insuperable, aunque menos coherente en la superficie *ab*; y que á la parte *abcd*, se la dá un impulso lateral hácia *ab*, no hay duda que cederá por aquella parte y que la resistencia guardará proporcion con la superficie.

323. Se puede del mismo modo suponer un tubo delgado y de figura cilíndrica del cual K'AH (figura 26), sea su seccion menos coherente. Supóngase que está sujeto con ambas manos, y que las dos partes se tuercen al rededor del eje en sentidos opuestos, del mismo modo que se desarma una flauta; es claro que primero

(*) *Essay on strength of cast iron*; seccion 9, pág. 215.
(**) *Robinson's Mechanical Philosophy*; volúmen I, pág. 488.

cederá aquella seccion, que es la circunferencia del círculo, y las partículas de las dos partes contiguas á esta circunferencia se desprenderán lateralmente unas de otras; la resistencia total guardará proporcion con el número de partículas de igual resistencia; es decir, con la circunferencia, pues suponiéndose el tubo muy delgado no puede haber diferencia notable entre la dilatacion de las partículas internas ó externas. Puede suponerse ahora otro tubo dentro de este, y otro dentro del segundo, y así sucesivamente hasta llegar al centro: si las partículas de cada anillo ejercen la misma fuerza, experimentando igual dilatacion en sentido de la circunferencia, la resistencia de cada anillo de la seccion será igual á su circunferencia y grueso, supuesto infinitamente pequeño, y toda la resistencia será como la superficie, y esto demuestra la resistencia de un cilindro sólido. Pero cuando un cilindro se tuerce de este modo por una fuerza externa aplicada á su circunferencia, las partes externas experimentan una extension circular mayor que las internas, y aparece que esta extension, semejante á la de un madero cuando se dobla trasversalmente, es proporcionada á la distancia de las partículas al eje. No se dice que pueda esto demostrarse, pero no puede asignarse una proporcion que sea mas probable. Si esto es así, la fuerza ejercida simultáneamente por cada partícula será como su distancia desde el eje. Así, pues, toda la fuerza ejercida por cada anillo, vendrá á ser como el cuadrado de su radio, y la fuerza total y acumulada que se ejerce, como el cubo del radio; esto es, la fuerza acumulada que ejerce todo el cilindro, cuyo radio es CA, es á la fuerza acumulada ejercida por la parte cuyo radio es CE, como $\overline{CA}^3$ es á $\overline{CE}^3$.

Toda la coherencia que ahora se ejerce es justamente los dos tercios de lo que debiera ser, si todas las partículas ejercieran la misma fuerza atrayente que acaban de ejercer las partículas de la circunferencia: esto es claro á la vista de los que estan familiarizados con el cálculo diferencial, y los que no lo estuvieren, lo comprenderán con mas facilidad del modo siguiente:

Colóquese derechamente el rectángulo AC*ca* (figura 26) sobre la superficie de un círculo por la línea CA; gírese al rededor del eje C*c*, y producirá un cilindro cuya altura es C*c* ó A*a*, que tiene el círculo KAH por base. Si se supone que la diagonal C*a* tambien gira, claro está que el triangulo C*ca* producirá un cono

de la misma altura, que tiene por base el círculo descrito por la revolucion de ca, y el punto C por vértice. La superficie cilíndrica que produjo A a, expresa toda la coherencia que ejerce la circunferencia ELM, y el sólido producido por el triángulo CAa, representa la coherencia que ejerce todo el círculo AHK, y el cilindro que produjo el rectángulo ACac, representa la coherencia que ejerceria la misma superficie si cada partícula hubiera experimentado la extension Aa.

Está visto en primer lugar, que el sólido que produjo el triángulo eEC, es al producido por aAC, como $\overline{EC}^3$ es á $\overline{AC}^3$; y en segundo lugar que el sólido producido por aAC, es $\frac{2}{3}$ del cilindro porque el cono que produjo cCa es $\frac{1}{3}$ de aquel.

324. Supóngase ahora que se tuerza un cilindro hasta que las partículas de su circunferencia externa pierdan su coherencia; es claro que se partirán, y á estas seguirán cediendo las internas sucesivamente. Hé aquí un dato que puede ser bastante útil, cual es, que un cuerpo de textura homogénea resiste una *torsion simple* con dos terceras partes de la fuerza que se requiere para separar lateralmente una de sus partes de la otra, ó con la tercera de aquella con que pueda tronzarlo un instrumento cortante y cuadrado: por lo que si se introduce, por ejemplo, un instrumento de filo cuadrado en un pedazo de plomo, es lo mismo que si se desprendiera forzada y lateralmente un pedazo del plomo del grueso del instrumento de las dos piezas que quedan á uno y otro lado de este. Los experimentos de esta clase no parecen difíciles de verificarse, y ofrecen instruccion y provecho.

325. Cuando se parten dos cilindros AHK y BNO (figura 26), debe inferirse que las partículas externas de cada uno han salido fuera de sus límites de coherencia, que se han dilatado con igualdad, y han ejercido las mismas fuerzas. Así es que cuando ocurre la fractura, la totalidad de la fuerza invertida es igual al cuadrado de sus diámetros. Pues tirando la diagonal Ce, es claro que Ee=Aa, expresa la dilatacion de la circunferencia ELM, y que el sólido producido por el triángulo CEe, expresa la coherencia que ejerce la superficie del círculo ELM cuando las partículas de la circunferencia reciben la extension Ee igual á Aa. Ahora bien, los sólidos producidos por CAa y CEe, siendo respectivamente los $\frac{2}{3}$ de los cilindros correspondientes, son como el cuadrado de sus diámetros.

326. Conocida ya la verdadera fuerza de la seccion y la relacion con su fuerza absoluta lateral, se pasará á examinar su fuerza relativa con la externa que se emplea en destruirla; en este caso el exámen es bien sencillo. La fuerza de torsion debe obrar con la potencia de una palanca, y la coherencia oponerse á ella con otra potencia del mismo instrumento. El centro de la seccion puede ser el punto neutro, cuya posicion en nada se altera.

Sea f la fuerza lateral que ejerce una partícula exterior; a el rádio del cilindro; x la distancia indeterminada de alguna circunferencia, y x' el espacio infinitamente pequeño que media entre las láminas concéntricas ó arcos, esto es, que x' sea el grueso de un anillo, y x el del rádio. Siendo las fuerzas como las extensiones, y estas como las distancias desde el eje, la coherencia que se ejerce en cualquiera parte de alguno de los anillos, será $f\frac{xx'}{a}$. La fuerza ejercida por todo el anillo (que es como la circunferencia ó como el rádio) será $f\frac{x^2x'}{a}$. El momento de la coherencia de un anillo, que es como la fuerza multiplicada por su palanca, será $f\frac{x^3x'}{a}$. El momento acumulado será la suma de $f\frac{x^3x'}{a}$: esto es, cuando $x=a$ será $\frac{1}{4}f\frac{a^4}{a}=\frac{1}{4}fa^3$.

327. Esto dice que la fuerza que opone un eje ó una viga para que no los parta otra que obre á una distancia dada desde la línea del centro, es como el cubo de su diámetro.

Para mayor claridad $\frac{1}{4}fa^3=fa^2\times\frac{1}{4}a$. Ahora fa^2 representa toda la coherencia lateral de su seccion; el momento es, pues, el mismo que si toda la coherencia lateral estuviese acumulada en un punto distante del eje $\frac{1}{4}$ parte del rádio ó $\frac{1}{8}$ del diámetro del cilindro. Así pues, sea F el número de libras de que se compone la coherencia lateral de una pulgada circular, d el diámetro del cilindro en pulgadas, y l el largo de la palanca que se supone que obra por la fuerza de torsion marcada con la letra p, y se tiene que $F\times\frac{1}{8}d^3=pl$, $F\frac{d^3}{8l}=p$. Generalmente se ve que la fuerza que un eje opone á la fractura causada por la torsion, es como el cubo de su diámetro.

328. Igualmente se ve que las partes internas de un eje no obran tan poderosamente como las externas. Si se taladra un eje

por el medio, y el tamaño del hueco es igual á la mitad de todo su diámetro, la fuerza solo se disminuirá en una octava parte, mientras que la cantidad de la materia disminuye en una cuarta. Por esta razon los ejes ahuecados son mas fuertes que los sólidos que contienen la misma cantidad de materia. Sea, pues, el diámetro 5, y el del hueco 4; el diámetro de otro cilindro sólido que tenga la misma cantidad de materia que el tubo, será 3. La fuerza del cilindro sólido del diámetro 5 puede expresarse así: 5^3 ó 125. De esta fuerza, teniendo la parte interna un diámetro de 4, emplea 64; así la resistencia del tubo es $125 - 64 = 61$: luego la resistencia de un eje sólido de la misma cantidad de materia y de diámetro 3, es 3^3 ó 27, que no llega á la mitad del que tiene el tubo.

329. Por eso los ingenieros de poco tiempo á esta parte, y desde que se hizo tan general el uso del hierro colado, se han valido de este descubrimiento, é introduciéndolo en las máquinas forman los ejes de hierro colado huecos, si lo permiten sus tamaños. Tienen la doble ventaja de ser mas tersos y menos expuestos á las vibraciones, y por otro lado se ahorra mucho metal; son mas ligeros y producen menos friccion, y lo que es mas importante, son menos costosos y de mas duracion, pues las piezas coladas sólidas de gran volúmen, pueden muy bien estar defectuosas en sus partes interiores por las causas ya referidas en el párrafo 168.

330. El profesor Robinson dice, que cuando la materia de que está formado el eje es de la textura mas simple, como la de los metales, no concibe de qué modo pueda influir el largo en su fractura; pero sucede muy diversamente con los materiales fibrosos, como las maderas, pues las fibras se doblan ó tuercen en forma espiral ó de un tirabuzon, antes de partirse. En este caso el largo del eje influye algunas veces semejantemente á la palanca, y mas fácil les sería partirse siendo larga que corta, pero él no ha podido reducir esta influencia al cálculo. Mas está probado por la experiencia que las piezas ó ejes largos, sean de hierro ó de madera, se rompen con mas facilidad que las cortas; por esto se ha admitido como regla general que todo fuste se deje cuanto mas corto sea posible, segun lo permita la naturaleza del lugar en donde se coloque. Todos estos fustes ó piezas, así de metal como de madera, se tuercen en la obra hasta cierta extension á causa de la elasticidad de sus materiales, y puede permitírseles este vicio

que en nada altera su accion, con tal que no se deje ir tan lejos que conmueva ó interrumpa el órden natural de sus partículas ó resulten golpes ó conmociones de la obra.

331. Esta cantidad de torsion que se hace inevitable se llama el *ángulo de torsion*; y Mr. Tredgold dice que si se halla de dos grados en un barron de hierro colado, no debe fijarse en esto la atencion, pues que nunca excede á esta cantidad. En los maderos es con frecuencia mas considerable. Mr. Tredgold da muchas reglas con sus demostraciones, que se encontrarán en su excelente obra sobre la resistencia del hierro, por las que puede determinarse la resistencia de las barras de hierro. De ellas se han extractado y ponen á continuacion las tres reglas siguientes:

332. *Regla* 1.ª=Para determinar el diámetro de una barra cilíndrica y sólida de hierro colado que deba resistir á la torsion con una flexion dada.

Multiplíquese la potencia en libras por el largo de la barra en piés, y el producto por la potencia de la palanca con que obra aquella. Divídase este producto por cincuenta y cinco veces el número de grados de que consta el ángulo de torsion que se considere mas conveniente para la accion de la máquina, y la raiz cuarta del cociente será el diámetro de la barra.

Ejemplo. Se desea saber el diámetro que necesita una série de barras de 30 piés de largo cada una, para trasmitir una potencia de 4000 libras que obren en la circunferencia de una rueda de 2 piés de rádio, de modo que la torsion de las barras al aplicarles la potencia no exceda de un grado.

En este caso todo el largo debe considerarse como el de una barra, y segun la regla,

$$\frac{4000^{\text{libras}} \times 30^{\text{piés}} \times 2^{\text{piés}}}{55 \times 1} = 4364.$$

Luego por una tabla de potencias (*) ó por los medios ordinarios de operar, sáquese la raiz cuarta de 4364, que es 8,13 pulgadas, y se tendrá el diámetro buscado.

333. Si es de necesidad que la máquina obre con mucha precision, esta es toda la flexion que puede concederse; pero en los casos ordinarios pueden admitirse 2 grados, y entonces el diámetro de la barra será de poco menos de 7 pulgadas. En las má-

(*) Véase *Barlow's Mathematical tables.* Tabla 3.ª

quinas de muchas ruedas la flexion debe ser menor. En las obras que requieren mucha exactitud no es prudente admitir en las barras ó ejes mas que $\frac{1}{4}$ de grado.

334. *Regla* 2ª = Para determinar el diámetro de un cilindro hueco que deba resistir á la torsion siendo el grueso del metal de $\frac{1}{5}$ del diámetro, y la flexion la que se haya dado.

Multiplíquense por sí el largo de la barra, su potencia y la de la palanca como en el caso anterior, y divídase el producto por 48 veces el ángulo de flexion en grados, y la raiz cuarta del cociente será el diámetro que se requiere en pulgadas.

Ejemplo. Se desea saber el diámetro que debe tener una barra cilíndrica y hueca de 10 piés de largo, para resistir una fuerza de 800 libras que obre en la circunferencia de una rueda de 4 piés de radio; no debiendo exceder la flexion de mas de 1 grado, y debiendo tener el metal $\frac{1}{5}$ del diámetro.

En este caso $\frac{800 \times 10 \times 4}{48 \times 1} = 666{,}6$, cuya raiz cuarta es aproximadamente 5,1 pulgadas, diámetro que se requiere. Por consiguiente el hueco de la barra será de 3 pulgadas, teniendo 1 de grueso al rededor del metal, ó $\frac{1}{5}$ del diámetro, cuyo ejemplo y demostracion señalan la justa proporcion del grueso que debe tener el metal de las barras huecas.

335. *Regla* 3ª = Para determinar el lado de una barra cuadrada sólida de hierro colado que deba resistir la torsion con una flexion dada.

Multiplíquese por sí el largo de la barra, su potencia y la de la palanca como en los dos casos anteriores, divídase el producto por 92,5 veces el ángulo de flexion en grados, y la raiz cuadrada del cociente será el área de la barra en pulgadas.

Ejemplo. El largo de la barra es de 12 piés, y debe ser impelida por la potencia de 700 libras, que ha de obrar en un piñon sobre la barra de 1 pié de rádio hácia el extremo de la línea, no debiendo exceder la flexion á mas de 1 grado.

Segun la regla $\frac{700 \times 1 \times 12}{92{,}5 \times 1} = 90{,}8$ cuya raiz cuadrada es 9,53, área de la seccion en pulgadas, y la raiz cuadrada de 9,53 es aproximadamente 3,1 dimension de cada uno de los lados de la barra.

SECCION III.

De la fuerza relativa de los materiales (*).

336. Por la fuerza relativa de los materiales se entiende la fuerza ó resistencia que estos pueden oponer cuando se hallan colocados en posiciones ó en circunstancias tales, que impediria el ejercicio completo de su fuerza actual ó absoluta, como ya en otro lugar se ha dicho; ó la relacion que tiene su fuerza absoluta con la que pueda ejercer en los casos particulares en que se la compela á obrar. La fuerza actual ó absoluta de un cuerpo, de ningun modo puede cambiarse ni aumentarse mientras este se mantenga en su mismo ser, pero puede disminuirse por su posicion ú otras causas; y si se considera la naturaleza de esta fuerza, se tendrá que recurrir á menudo á lo que ya sobre el particular se ha dicho, porque las acciones de la compresion, extension y torsion obran con frecuencia todas á un mismo tiempo.

337. Lo que se quiere dar á entender por fuerza relativa, y la diferencia que hay entre esta y la absoluta, parece se comprenderá mejor demostrándolo por medio de un ejemplo, que describiéndolas. Supóngase, pues, una viga ó pieza de madera, *a b* (figura 27) sostenida por debajo de sus dos extremos con muros de ladrillos, á modo de cuartones, en un piso de tablas ú otra cosa semejante: si este madero es largo y perfectamente derecho, antes de colocarse sin duda que cimbrará inclinándose por su propio peso hácia la tierra por su parte central *c*: y si se supone tambien que el piso se recarga con muebles, personas, ú otro peso adicional que puede representar la esfera de hierro marcada *d*, entonces cimbrará el madero mucho mas, ó lo que es probable se partirá en dos mitades. Lo mismo sucederá colocando el peso sobre el piso, que si estuviese suspendido al aire en el lugar que demarca la letra *e*. Ahora bien, si se considera cualquiera de estos pesos dividido en 5, ú otro número de pesos menores, cuyo total componga

(*) Extractado principalmente de la Filosofía mecánica del profesor Robinson, de las Lecturas sobre filosofía natural del Dr. Young, de las Matemáticas de Hutton y de la Mecánica de Gregory.

el volúmen del mayor; y que aquellos se distribuyan con órden y á iguales distancias unos de otros, bien claro está que el peso que gravita sobre el madero es precisamente el mismo, pero no por eso cimbrará ó cederá hasta la misma extension, y sí aparecerá tener mas resistencia para sostener el peso distribuido que el que se reune en el centro. La fuerza ó resistencia en el un caso será relativa á la en el otro, y existirá una relacion entre estas fuerzas y la del madero cuando este no está de ningun modo recargado: estas fuerzas ó potencias de resistencia son todas diferentes, y es claro que no pueden concordar con la fuerza absoluta ó total coherente de un madero inmutable, como no concordarán tampoco con ninguno de los impulsos ya discutidos; pues un impulso ó movimiento de compresion tenderia á poner los extremos *a* y *b*, ó los lados *d* y *e*, en un estado de aproximacion mas inmediata, mientras que un impulso de extension causaria un efecto diametralmente opuesto.

338. Supóngase que el madero se rompa por causa del peso. Si se examina lo que en este caso sucede, se verá que la fractura ó hendidura principia al fondo ó por su lado inferior y sigue hácia el superior en direccion casi perpendicular segun lo permiten las fibras de la madera, mas se observará que por la parte superior no aparece grieta ó hendidura alguna. En ciertos casos no ocurre ni aun separacion de partes, pues la superficie superior, aunque en extremo doblada, se mantiene sin embargo pendiente de sus fibras. Una accion muy diversa debe naturalmente ocurrir en la parte superior y en el fondo del madero, como en efecto así sucede; pues debe existir en el madero algun apoyo ó parte que resista para producir la hendidura ó fractura en la parte inferior. Esto lo causa una fuerza de extension, pero la reaccion para producirla existe en la parte superior del madero que experimenta compresion; por consiguiente toda aquella parte bajo el punto *c*, se extiende, y toda la que está por la parte superior se comprime operando ambas fuerzas á un mismo tiempo. Las dos fuerzas existen en la parte superior é inferior del madero, ambas en su mayor extension y van disminuyendo hácia el centro donde se cambia una por otra, y en este lugar es donde las fuerzas se neutralizan ó se reducen á nada; esta posicion neutra se extiende al través del madero en ángulos rectos en direccion á la fuerza aplicada, y se llama *el eje de la fractura*.

339. En nada influye que la fuerza, causa de la fractura, se aplique arriba ó abajo ó al lado del madero, pues su operacion es la misma en todos casos, excepto en los que se disminuye ó aumenta por el mismo peso de aquel; así pues, á esta fuerza se le ha dado el nombre de *lateral*, y como quiera que otras circunstancias, á mas de la fuerza positiva ó coherencia del material, influyen igualmente en sus efectos, llámase á la resistencia de su accion *tesura de los materiales*, para distinguirla de sus fuerzas; pues la fuerza es la potencia con que resisten á la fractura ó rotura, y la tesura aquella con que se oponen á la flexion ó cimbra.

340. Se ha escogido para ejemplo un madero que se sostiene por ambas cabezas; pero si se coloca de firme una de estas en un muro de modo que no tenga movimiento alguno mientras que la otra sobresalga sin apoyo, y se cuelga un peso del extremo saliente ó de otra parte del madero, se verificaria su tesura, pero con distintas modificaciones. El objeto de esta seccion es por esto el de examinar algunos de los casos que mas comunmente ocurren en la práctica, é indicar los medios para obtener la mayor cantidad de fuerza con la menor de material; objeto que el ingeniero jamás debe perder de vista, porque mientras mayor sea esta cantidad á mas ascenderá el costo de la obra, que se aumentará con el tiempo y con el número de operarios que es de necesidad emplear para reunirla y distribuirla.

341. Este objeto es de tan vasta importancia, que sobre él se ha escrito mucho, héchose repetidas experiencias, y ha llamado la atencion de muchos de los primeros filósofos y matemáticos, entre ellos de Galileo, Mariotte, Leibnitz, Euler, Bernouilli, Lagrange, Emerson, Hutton, Girard, Robinson y Young. Sobre la materia se diria mucho mas de lo que se piensa escribir para acabar de llenar este volúmen; pero en estos estrechos límites, solo se trata de dar al estudiante un bosquejo general de todo lo que se ha ejecutado, y llamarle la atencion hácia lo que se crea pueda serle mas útil y provechoso. Para obtener mas conocimientos deben leerse las obras que sobre estas y otras materias se han publicado, y los ya mencionados principios de carpintería elemental por Mr. Tredgold, que estan llenos de útiles noticias.

342. Examínense en primer lugar los efectos que ocurren en un tablon rectangular marcado con las letras *klmw*, (figura 28) colocado en un muro de ladrillo del modo que se ve en *kwpo*, y de suerte que no tenga movimiento alguno; pero que el otro extremo ó cabeza sobresalga hácia fuera, sin mas apoyo que el de la coherencia de sus propias partículas que la unen á la parte que se introduce en el muro, y que á aquella se le aplique un peso segun

se manifiesta en W pendiente del punto *m*. Es claro, que si al peso del extremo saliente del tablon se agrega el que vá marcado con W, compondrán ambos una fuerza que propenda á deprimirlo ó romperlo; y si es en todas partes igualmente fuerte, pero muy quebradizo, debe partirse en direccion de la línea *o p*, y descender perpendicularmente por su superficie movible *o p*, deslizándose hácia la tierra por la correspondiente superficie fija. Este efecto puede sin embargo impedirse generalmente en todos los casos, por la naturaleza fibrosa y coherente de las partes del tablon que impiden se parta tan súbita y precipitadamente, y casi siempre el extremo saliente *olmp*, se encorva inclinándose hácia abajo la parte *l m*; y sostenido como está el punto *p* inmediato al muro, debe considerarse como el centro ó punto de apoyo donde primero ocurra la encorvadura, y la madera inmediata á *p* se mantendrá en un estado de compresion, mientras que toda la superficie superior *o l* está sujeta á la fuerza de extension. De aquí resulta que en estos casos la fractura ó rotura principia por la parte superior de los maderos y continúa hácia abajo tan perpendicularmente como lo permite la textura de la sustancia. La fuerza del tal madero para resistir la separacion, consiste principalmente en la coherencia directa de las partes inmediatas á *o*: este caso es muy distinto de aquellos que se han examinado y estan comprendidos en los de la fuerza de extension, en los cuales el peso ó potencia que causan la separacion obran con su propia fuerza en direccion al eje ó largo de la pieza, y consiguientemente ejercen una potencia igual en cada una de las partículas de la seccion trasversal donde ocurre la fractura.

En este caso la accion no es igual en toda la seccion, ni es directa como la potencia del peso ó fuerza empleada, sino que es de naturaleza mas complicada, porque se produce la potencia de la palanca curva ó encorvada, en la que el punto sostenido en *p* es el punto de apoyo, la línea *p m* el brazo que obra, ó bien representa la fuerza que el peso ejerce ó puede producir la fractura, y la línea *p o* el brazo que resiste ó la medida de la fuerza que puede resistir á la fractura, y á proporcion que la línea *p m* es mas larga que *p o*, es mayor la potencia del peso W para romper la parte saliente del madero; de modo que si se considera esta pieza cortada horizontalmente en dos partes iguales por la línea *r s*, entonces será $rs = pm$; pero como la potencia del peso queda siempre la misma, y *r o* solo es la mitad de *p o*, resulta que la fuerza del

peso se duplicará para producir la fractura, mientras que si á *p o* se le aumentara su profundidad estaria en mayor proporcion á *p m*, y por consiguiente sería mas fuerte. El peralto, ó la distancia desde la parte superior á la inferior en esta clase de maderas, aumenta su fortaleza aunque su grueso sea siempre el mismo.

343. Se ve ademas en este ejemplo, que la fractura debe ocurrir en el lugar *o p* inmediato al muro, porque quedando todas las cosas del mismo modo, si se toma otro cualquier punto *v*, hácia la parte inferior del madero como punto de apoyo, será entonces *v m* el brazo que obra, y *v t* el brazo de la palanca que se resiste, que son iguales; pero *pm* es cuatro veces mas largo que *v m*, mientras que *o p* es igual á *v t*, por consiguiente el peso W (este es independiente del peso de la madera) tendrá cuatro veces mas potencia en *o* que la que tiene en *t*, y por consiguiente la fractura ocurrirá en *o p*. Por las mismas razones, si se aumenta el largo de la pieza *o l p m*, mientras su área se mantiene la misma disminuirá su fuerza, pues es aumentar el brazo *p m*, mientras *p o* queda lo mismo. A una pieza, pues, de madera ú otro material, puede dársele tanta extension que ella misma se parta por su propio peso, y sin necesidad de aplicárselo como se designa en W.

344. Al examinar los casos en que ocurre la fractura causada por la extension directa, la fuerza coherente de todas las partículas de la seccion trasversal se considera igual, y estas fuerzas en realidad son iguales al plano de la fractura causada por un impulso lateral, semejante al del tablon saliente de que se acaba de hablar; pero en la práctica no sucede así, pues que no son iguales, ó mejor dicho, aunque en la realidad lo sean, se ejercen con diversos grados de fuerza en distintas partes del tablon, y esto produce el mismo efecto que si fueran desiguales. Para comprobar que esta operacion es desigual, ocúrrase á la misma figura donde se verá bien manifiesta esta verdad, si se considera que la seccion trasversal *p o* está compuesta de una línea ó série de partículas infinitamente unidas unas á otras, y que poseen todas la misma fuerza coherente; pero como el brazo de la palanca *p m* es siempre de un mismo largo, el peso W obra con menos fuerza en cada una de las partículas, como sucede desde *p* hácia *o*, y la potencia del peso en *o* para separar dos partículas horizontalmente no es sino la mitad de la que reside en *p*, que disminuye á la par que esta vaya ascendiendo á *o*, y se aumenta descendiendo hácia *p*, donde será mayor que todas. Sin embargo de que la coherencia puede ser

igual en todas las partes del tablon, este en efecto será mas débil por la parte inferior, porque la fuerza que propende á la fractura de aquella parte es mayor que la superior. Aun mas, las partes inmediatas á r, que se debilitan por este efecto, serán sostenidas y las fortalecerán las partes superiores inmediatas á o, porque es mayor su potencia para resistir á la separacion, y por consiguiente aparece que si una fractura principia á verificarse por o, por donde se abstrae la potencia que sostiene aquellas partes, se romperá el tablon inevitablemente á causa de la posicion menos favorable de las partículas inferiores para resistir el impulso.

345. En este caso es preciso recurrir al auxilio del cálculo diferencial para la investigacion; mas el profesor Robinson lo reduce á una fórmula bien sencilla (*), pues en lugar del tablon saliente lo supone suspendido del techo, donde se coloca de firme; y considera luego el modo de operar de la coherencia uniforme de cada parte, para impedir la separacion de las partes inferiores de las superiores en derredor de p. La coherencia uniforme opera del mismo modo que la gravedad uniforme, pero en sentido opuesto. Ahora bien, se sabe que el efecto que esto causa es el mismo que si todo el peso estuviese concentrado en el centro de gravedad r de la línea op, y que el punto r está en medio de op. El número de las fibras á lo largo de la línea $o\ p$ puede representarse por D, y siendo la coherencia de cada fibra $=$F, la coherencia de toda la línea será $F \times D$.

La energía acumulada de la coherencia en el instante de la fractura es $FD \times \frac{1}{2}D$, y esta es igual ó casi la misma que la energía de la potencia que causa la fractura. Llámese, pues, L al largo de la viga $p\ m$, y W al peso $W \times L$ será entonces la correspondiente energía de la potencia, y $FD\frac{1}{2}D = WL$ será la ecuacion del equilibrio correspondiente á la seccion vertical $olpm$.

346. Supóngase ahora que no se conceda la fractura en el lugar op, sino que sea otra seccion xz mas distante de m. Pues que el cuerpo es prismático, todas las secciones verticales son iguales, y $FD\frac{1}{2}D$ es lo mismo que antes. Mas por este medio se aumenta la energía de la potencia, pues ahora es $= W \times wz$ en vez de $W \times wp$: por esto se ve que cuando un cuerpo prismático no es insuperablemente fuerte en todas sus partes, sino de igual consistencia en todo él, precisamente se rompe por la parte inme-

(*) *Robinson's Mechanical Philosophy*, vol. I, pág. 415.

diata al muro donde es mayor el impulso ó energía. Del mismo modo se ve que una potencia capaz de romperlo por esta parte no puede verificarlo á cierta distancia del muro, pues la coherencia absoluta FD que puede sostener la potencia W en la seccion op, no la podrá resistir en la xz, y sí en cualquiera otra externa como tv.

347. Esto demuestra la distincion que debe hacerse entre la fuerza absoluta y la relativa. La fuerza relativa de una seccion tiene conexion con el impulso actual que se ejerce en aquella, y se mide propiamente por la potencia que justamente lo contrapese ó venza cuando se aplica en el lugar correspondiente. Se obtuvo, pues, $FD\frac{1}{2}D = WL$; y $W = \frac{FD\frac{1}{2}D}{L}$ es la medida de la fuerza de la seccion op relativamente al poder que se aplica W.

348. Si el sólido fuere una viga rectangular, cuyo grueso sea B, todas las secciones verticales serán iguales, por consiguiente el largo pr ó $\frac{1}{2}D$ debe ser tambien igual en todo. Así, pues, la ecuacion que expresa el equilibrio entre el momento y la fuerza externa, y el momento de la coherencia acumulada, será $WL = FDB \times \frac{1}{2}D$.

El producto DB expresa evidentemente el área de la seccion de la fractura que puede llamarse S, y el equilibrio se expresa de este modo: $WL = FS\frac{1}{2}D$ y $2L : D :: FS : W$.

Ahora, FS es la expresion propia de la coherencia absoluta de la seccion de la fractura, y W es la medida propia de su fuerza con relacion á la potencia aplicada en m: luego se dirá que «el duplo del largo de una viga es al grueso, como la coherencia absoluta es á la fuerza relativa.»

349. Siendo así que la accion de la coherencia uniforme es semejante á la de igual clase de gravedad, se infiere que cualquiera que sea la figura de la seccion, la fuerza relativa será la misma que si la coherencia absoluta de todas las fibras obrara en el centro de gravedad de la seccion. Sea G la distancia que media entre el centro de gravedad de la seccion y el eje de la fractura, y el resultado será $WL = FSG$ y $L : G :: FS : W$: enunciando esta analogía por medio de palabras se dirá que «el largo de un madero prismático de cualquier figura, es á la altura del centro de gravedad por la parte de arriba de su lado inferior, como la coherencia absoluta es á la fuerza relativa de su largo.» Porque la fuerza relativa de un madero rectangular es $\frac{FBD\frac{1}{2}D}{L}$, ó $\frac{FBD^2}{2L}$

por eso es que las fuerzas relativas de diferentes maderos son proporcionales á la coherencia absoluta de sus partículas, al grueso y al cuadrado de la altura, ó grueso directamente, y á su largo inversamente: asimismo, las fuerzas de los prismas de secciones iguales son como los cubos de sus diámetros.

350. Tales son generalmente los resultados del mecanismo de este impulso trasversal, en la hipótesis que todas las partículas ejercen fuerzas iguales en el instante de la fractura. Mas la hipótesis de que todas las partículas ejerzan igual coherencia en este mismo instante, no está conforme con la naturaleza, pues es sabido que cuando una fuerza se aplica lateralmente á un madero, un lado toma una figura convexa estirándose de este modo sus partículas, mientras el otro adquiere una forma cóncava que las reune y hace mas compactas. Las partículas de un lado se separan mas unas de otras que las del opuesto, y es imposible saber con precision hasta qué grado se afectan las fibras; pero lo mas probable es que las extensiones son proporcionadas á las distancias del apoyo ó centro de movimiento. Sentado este principio y admitida la ley que en todas las extensiones moderadas, las fuerzas atractivas que se ejercen en las partículas dilatadas son proporcionadas á sus dilataciones, el profesor Robinson entra en mayores investigaciones, de las que deduce esta analogía: «lo que es tres veces el largo de una viga para su peralto, lo es la coherencia á su fuerza relativa.» Esta doctrina se debe principalmente al célebre Galileo, que fue uno de los primeros que hicieron ensayos para aplicar las matemáticas á la ciencia natural; sin embargo, siempre supuso este autor que el punto de apoyo quedaba por la parte de afuera del madero donde concluye la fractura; pero Mr. Barlow ha probado ya que está dentro de la seccion, y llama á esta línea el eje neutral.

351. En la investigacion precedente no se ha hecho mérito alguno de la accion de la fuerza que tiende á que la parte *oplm* del madero se deslice verticalmente en direccion de la línea *op*, frente á *kwpo*, que está fija en la pared, por ser su fuerza tan pequeña comparada con las otras existentes que no hay para qué tenerla en cuenta en ningun caso práctico.

352. Poniendo estos principios en práctica, se verá que la resistencia de una viga ó barra de madera ó de metal &c., en direccion trasversal, que haya de resistir á una fuerza lateral, es proporcionada al área ó á la seccion de la viga multiplicada por la distancia de su centro de gravedad al lugar en donde obra la fuerza ó acaba la fractura.

Represéntese, pues, por A B (figura 29) un madero ú otra viga rectangular sostenida por puntales en ambos extremos mientras se comprime con el peso W colocado en su centro, que se supone con el peso necesario para poderlo partir; y sea *abcd* la seccion trasversal propuesta. En este caso la fractura principiará por debajo de la viga y seguirá hácia arriba aproximadamente en direccion coincidente de la seccion. La fuerza de una viga de este modo dispuesta para resistir á la fractura, debe ser proporcionada al número de fibras ó á las partículas contiguas coherentes de que consta la seccion, y la operacion sería semejante en sus efectos á una simple fuerza longitudinal (§. 273), si la fuerza de la palanca ya descrita no operara para producir un cambio; mas siendo la reaccion de los puntales debajo de A y B igual á todo el peso que sostienen, y obra separadamente en los extremos largos de las palancas angulares ó encorvadas AW*a*, BW*a*, AW*b*, BW*b*, &c., producidas por suponerse la viga subdividida en un número infinito de láminas horizontales y uniformes; la tendencia á la fraccion producida por esta fuerza de palanca, disminuye á proporcion que los brazos corvos W*a*, W*b* &c. se aumentan, mientras que los largos se mantienen lo mismo; siendo, pues, la resistencia inversamente como la fuerza, aquella se aumenta regularmente en proporcion á la distancia de cualquiera de las láminas en W, y el total de todas estas fuerzas expresará la potencia puesta en accion para separar las fibras ó partículas de la viga. La resistencia de esta potencia depende sin embargo del área de la seccion; por lo tanto se debe considerar el grueso de la viga como se manifiesta en la figura 30, en lugar de atender solo á su altura como en la figura 29. Ahora bien, el área *ae*, en la figura 30, contiene y denota el total de todas las fibras que han de romperse ó partirse; y como quiera que se consideran todas iguales en fuerza absoluta; aquella área demostrará el conjunto ó total de todas las fibras en direccion longitudinal. Los puntos de apoyo ó centros de movimiento ya referidos residen en la línea *e e*; por consiguiente cada fibra en la línea *ab*, opone á la fractura una resistencia proporcionada al producto de su fuerza individual por su distancia *ae* al centro de movimiento; la resistencia, pues, de todas las fibras en *a b*, se expresará de este modo $ab \times ae$; igualmente la porcion de resistencia de otra série de fibras, paralelas á *ab*, como *cc*, se deno-

tará así, $cc \times ce$; y una tercera, tal como dd, en esta forma $dd \times de$; y todos estos productos demuestran la fuerza ó resistencia total de todas las fibras ó de la viga en aquella parte. Pero se puede demostrar que el total de todos estos productos es igual al del área $aeeb$ por la distancia de su centro de gravedad á ee; así la proposicion es patente.

353. Por lo arriba expuesto se sabe que la fuerza lateral de una viga ó barra es mucho menor que su fuerza longitudinal absoluta, bien sea opuesta á la extension ó compresion, ó bien que la viga ó barra se rompa con una fuerza mucho menor aplicada lateralmente; porque en el primer caso las fibras deben separarse todas á la vez ó súbitamente; y en el segundo, van cediendo ó separándose sucesivamente ó una tras la otra en un espacio perceptible de tiempo. Para comprobar este hecho puede hacerse la prueba con un baston; este sostendrá un peso enorme que se coloque por debajo y quede colgando perpendicularmente, ó resistirá un gran peso que gravite sobre él en direccion de su largo, siempre que no se doble hácia algun lado; pero si se le aplica la rodilla en el centro, mientras que con las dos manos que sujetan los extremos se tira hácia sí, se partirá con una fuerza comparativamente menor. De aquí nace un principio de carpintería, del cual se hablará detenidamente en el capítulo siguiente, por ser de grande importancia para la estabilidad de las construcciones, en las que debe evitarse todo impulso ó fuerza lateral en los casos en que pueda sustituirse con otra longitudinal.

354. Se saben igualmente las ventajas que brinda el uso de las vigas ó barras de hierro, que oponen un espesor considerable á la direccion de la fuerza lateral, aunque en la opuesta sean delgadas; y pues que las piezas rectangulares de madera ó hierro, tales como las que comunmente se emplean en la construccion de edificios ó máquinas, pueden considerarse como homogéneas, y sus centros de gravedad se encuentran en el centro de sus dimensiones, la aplicacion es por consiguiente bien sencilla. Por ejemplo: supóngase que para colocar un cuarton que debe sostener un piso de madera, se escoge un palo cuadrado de 12 pulgadas por cada cara: el área de la seccion trasversal es de 144 pulgadas cuadradas, y su centro de gravedad está en el centro ó á 6 pulgadas de distancia de cada lado. Si se emplea, pues, en un piso de madera, su tendencia á cimbrarse por el peso que hubiere de sostener siempre será con direccion hácia la tierra, y si se rompe la fractura terminará en la superficie superior, ó 6 pulgadas mas arriba del centro de gravedad; por consiguiente el área que tiene 144 pulgadas cuadradas, se multiplica por 6 pulgadas, y dá 864 como número representativo, por el cual se compara la fuerza lateral de esta pieza con cualquiera otra. Siendo esta pieza cuadrada, se puede colocar por cualquier lado sin temor de que ocurra alteracion alguna en los elementos del cálculo: el resultado será siempre el mismo por uno ú otro lado; ni tampoco se alterará su fuerza por tener este ó aquel lado hácia arriba.

355. Supóngase que este cuarton se asierra por el medio longitudinalmente, de modo que se saquen dos piezas cuyos lados sean de 6 y 12 pulgadas, ó que presente cada cual una área de 72 pulgadas cuadradas; colóquense como al principio con 12 pulgadas de peralto verticalmente, y examínese el cambio que esta operacion produciria. Teniendo aun el cuarton 12 pulgadas de peralto, la posicion del centro de gravedad en nada se altera y queda siempre á 6 pulgadas de la superficie superior; por consiguiente el área 72 debe multiplicarse por 6, y producirá 432 que es precisamente la mitad del producto que se obtuvo cuando la madera tenia doble ancho. Así se ve que mientras la altura ó peralto queda el mismo, la fuerza varía á la par que el grueso, y que á una fábrica puede dársele la misma consistencia empleando muchas piezas pequeñas, que si se emplearan pocas aunque de mayor ancho.

356. Volvamos á examinar los efectos causados por la inversion de los ya mencionados maderos de 6 y 12 pulgadas, pero de 6 verticales en lugar de las 12. El área de 72 pulgadas queda la misma; mas el centro de gravedad solo estará ahora 3 pulgadas mas abajo de la superficie superior, de modo que multiplicando 72 por 3 solo se obtendrán 216, ó la mitad de su fuerza primitiva, sin disminuirse no obstante la cantidad de madera.

Si en lugar de emplear un cuarton de 12 pulgadas para sostener el piso de madera, se hace uso de otro de 14 por 10 pulgadas, el área de este solo tendrá 140 pulgadas y por consiguiente costará menos, pues que contiene menos madera que una pieza de 12 por 12 pulgadas, y será mucho mas fuerte si se coloca con su dimension mayor hácia arriba, pues en este caso el centro de gravedad quedará á 7 pulgadas bajo la superficie superior; y $140 \times 7 = 980$; de modo que 140 pulgadas superficiales producen una fuerza de 980, mientras que 144 solo producen 864.

357. Partiendo de este principio, es la razon por qué una tabla

resiste mucho mas cuando se coloca de canto que cuando se pone de plano, como en un entrepaño. Supóngase una tabla de 10 pulgadas de ancho y 1 de grueso; el área de su seccion será de 10 pulgadas: cuando se coloque de canto su centro de gravedad estará á 5 pulgadas del canto superior, y $10\times5=50$; pero si se coloca de plano su multiplicador solo será $\frac{1}{2}$ pulgada; y $10\times\frac{1}{2}=5$. Es pues diez veces mas fuerte contra la presion lateral en su primera posicion que lo es en la segunda.

358. Por la misma razon un madero triangular es el duplo mas fuerte y resiste mas á la presion lateral cuando descansa sobre su base ancha que sobre sus ángulos, á pesar de ser el área la misma en ambos casos; porque la seccion trasversal del tal madero debe ser un triángulo cuyo centro de gravedad está á $\frac{1}{3}$ de su altura desde la base, ó $\frac{2}{3}$ de su vértice; y siendo estas distancias como 2 á 1, se deduce que si un madero triangular se coloca con su base hácia abajo, el centro de gravedad quedaria á una distancia dupla bajo su parte superior, ó lugar donde concluye la fractura, que si al contrario estuviera con ella hácia arriba; así es que el multiplicador será dos veces mayor en uno que en otro caso, y sus fuerzas guardarán la misma proporcion.

Del principio arriba establecido pueden sacarse algunos útiles corolarios.

359. *Corolario* 1º=Las fuerzas laterales en los maderos cuadrados son como los cubos de su ancho ó grueso.

360. *Corolario* 2º=Las fuerzas laterales de cualquiera barra cuyas secciones sean de figuras semejantes, son generalmente como los cubos de los lados correspondientes de la seccion.

361. *Corolario* 3º=En los maderos cilíndricos, las fuerzas laterales son como los cubos de sus diámetros.

362. *Corolario* 4º=En los maderos rectangulares sus fuerzas laterales son entre sí como los anchos y cuadrados de su grueso; pues siendo en este caso el área el producto de los dos lados, y la distancia del centro de gravedad igual á la mitad del lado perpendicular, y por consiguiente proporcional á este, la proposicion será que la fuerza varía como el ancho multiplicado por el grueso vuelto á multiplicar por este, ó como el ancho por el cuadrado de grueso. Por esto el mismo madero oblongo, de que ya se ha hecho mencion, con su lado angosto hácia arriba es mucho mas fuerte que con su lado ancho en la misma disposicion, en relacion de lo que excede el grueso comparado con el ancho.

363. *Corolario* 5º=Si un madero se fija de firme en un muro por una de sus cabezas de modo que sobresalga horizontalmente, y que un peso que se le coloque en la cabeza opuesta produzca la rotura, el cálculo será el mismo, solo que la fractura principiará por arriba y concluirá por el lado inferior, quedando aun la proposicion y los corolarios exactos.

364. *Corolario* 6º=Cuando se ahueca un cilindro ó prisma, es mucho mas fuerte que si fuese sólido de igual largo y de la misma cantidad de material, en proporcion al mayor tamaño de su diámetro exterior; y si al cilindro no se le intenta dar un movimiento de revolucion, y este tiene el hueco ó cañon inmediato al lado donde la fractura haya de concluir, será aun mas fuerte.

En la proposicion precedente (§. 352) no se ha hecho referencia alguna al largo de la viga; pero

365. En las vigas de diversos largos apoyadas sobre sostenes, tales como las que se representan en las figuras 27, 29 y 30, la fuerza varía en proporcion al producto del área de la seccion por la profundidad del centro de gravedad, dividido por el largo de la parte en que está el peso.

Sean L, l, los largos: W, w, los pesos: A, a, las áreas de las secciones; y G, g, las distancias verticales al punto de aplicacion de los centros de gravedad de dos vigas prismáticas que descansan horizontalmente sobre sus cabezas.

La presion ó tendencia que causa la fractura de la viga por su propio peso se expresa por $\frac{1}{8}$ L×W y $\frac{1}{8}$ $l\times w$, y por la reaccion de cada apoyo una fuerza igual á $\frac{1}{2}$ W, que obra sobre $\frac{1}{2}$ L en el centro de gravedad; mas el centro de gravedad de $\frac{1}{2}$ L está á una distancia del puntal $=\frac{1}{2}$ de $\frac{1}{2}$ L, ó $\frac{1}{4}$ L; por lo tanto, el efecto de la fuerza será igual á $\frac{1}{4}\,L\times\frac{1}{2}\,W=\frac{1}{8}\,L\times W$.

La tendencia que resiste á la fractura se expresa por A×G y $a\times g$. De aquí nace que la fuerza reunida de la madera es directamente como la última, é inversamente como la primera; esto es

$$S:s::\frac{A\times G}{\frac{1}{8}L\times W}:\frac{a\times g}{\frac{1}{8}l\times w}::\frac{A\times G}{L\times W}:\frac{a\times g}{l\times w}.$$

366. La fuerza lateral de las vigas prismáticas de los mismos materiales, es directamente como las áreas de sus secciones y las distancias de sus centros de gravedad, é inversamente como sus largos y pesos.

Sean AB y CD (figura 28) otras dos vigas iguales á las anteriores colocadas horizontalmente en un muro por sus cabezas marcadas C, A. Ahora bien, por la primera proposicion (§. 352) la fuerza de cada viga considerada como independiente del peso ó sin él, es como su seccion multiplicada por la distancia de su centro de gravedad al punto fijo, por ejemplo como $s\ c$, en que s denota la seccion trasversal en A ó C, y c la distancia de su centro de gravedad al punto mas bajo de A ó C; pero los esfuerzos de sus pesos W ó w, tienden á separar las fibras, y son por los principios de la palanca, como el peso multiplicado por su distancia al lugar en donde puede suponerse que se halle reunida y aplicada, qne es el centro de gravedad en medio del largo de la viga; es decir, que el esfuerzo del peso sobre la viga es como $W\times\frac{1}{2}$ AB, ó $w\times\frac{1}{2}$ CD.

367. *Corolario* 1.º=Cualquier peso ó fuerza heterogénea que se aplicare á alguna parte de la viga ejercerá igual potencia para romperla, del mismo modo que lo verificará su propio peso; esto es, su efecto será como $w\times d$ ó como su peso multiplicado por el largo de la palanca, ó por la distancia á A ó á C del punto de aplicacion.

368. *Corolario* 2.º=Cuando la viga está fija por ambos extremos la propiedad será siempre la misma, con solo la diferencia que en este caso la viga es de la misma fuerza que otra de igual seccion, y de solo la mitad del largo que si estuviere fija por uno solo de sus extremos; porque si la viga mas larga se dividiera ó aserrara en dos mitades, cada una de estas estaria en el mismo caso ó en las mismas circunstancias con respecto á su extremo fijo que la mas reducida de igual largo.

369. *Corolario* 3.º=La fuerza lateral de los prismas cuadrados y de los cilindros es directamente proporcional á los cubos de sus grüesos ó diámetros, é inversa da sus largos y pesos.

370. *Corolario* 4.º=Las fuerzas de los prismas y cilindros semejantes son inversamente proporcionales á sus mismas dimensiones lineales, siendo las menores comparativamente mayores en aquella proporcion; pues que sus fuerzas se aumentan como el cubo de sus diámetros, ó de su largo; pero la presion causada por su peso y largo de la palanca, se aumenta como la cuarta potencia de este largo.

371. De las deducciones que preceden se sigue que en los cuerpos semejantes de una misma textura, la fuerza que propende á romperlos ó los expone á los accidentes que ocurren en los cuerpos de mayor volúmen, se aumenta en mayor proporcion que la que tiende á conservarlos enteros ó á impedir el daño que pudiera sobrevenirles á consecuencia de tales accidentes: lo desventajoso de su posicion ó su tendencia á romperse por su propio peso, crece á proporcion que su largo aumenta; de modo que una viga pequeña puede mantenerse firme y segura mientras otra semejante, pero mas larga, puede serlo tanto que se parta por su propio peso. Esto merece toda la atencion del ingeniero á quien puede ofrecerse el tener que hacer modelos en pequeño de máquinas antes de ejecutarlas en escala mayor, ó que le sean presentados para su exámen y aprobacion. En estos casos debe tener presente que lo que aparezca firme y capaz de producir buen efecto en un modelo ó máquina pequeña, puede resultar débil y de mala condicion, ó aun mas, hacerse pedazos por su propio peso cuando se ponga en ejecucion en escala mayor, sin embargo de ceñirse á la escala ó proporcion del modelo.

372. Este mismo principio pone límites tanto á las producciones de la naturaleza como á las del arte: y es así, que si los árboles crecieran hasta un tamaño mayor del que se está acostumbrado á ver, sus ramas se partirian y caerian á tierra por su propio peso: lo mismo sucede con los pisos, techos, arcos y muchas otras construcciones artificiales; mientras más grandes fuesen estas, mayores deberian ser las proporciones de los materiales que se empleen en su construccion, de modo que llegaria el caso de que presentaran una vista desagradable, y sería tan enorme el peso, que desmoronaria y destruiria sus apoyos ó sostenes con el peso de su propia presion.

373. Si un peso se coloca sobre alguna parte de una viga horizontal sostenida por ambos extremos ó una fuerza obra sobre ella, el impulso en aquella parte será como el rectángulo ó producto de sus dos distancias á los extremos sostenidos.

Sea A B (figura 31) la viga sostenida de este modo, y W un peso que se suspende de ella, ó se le pone encima del punto C; el impulso, pues, que recibe la viga AB en C, por el peso W, es como $AC\times BC$, porque por el efecto ó naturaleza de la palanca, el efecto del peso W en la palanca AC, es $AC\times W$, y el efecto de esta fuerza que obra en C en la palanca BC, es $AC\times W\times BC = AC\times BC\times W$. Y dado el peso W, el efecto ó impulso es como $AC\times BC$.

374. *Corolario* 1.º=El efecto es el mayor cuando el peso obra en el medio de la viga, porque entonces el rectángulo de las dos mi-

tades $AC \times BC = \frac{1}{2}AB \times \frac{1}{2}AB = \frac{1}{4}\overline{AB}^2$ es el mayor, y desde el punt céntrico vá por grados disminuyendo el efecto, y continúa así ha ta los extremos, en donde al fin viene á quedar en nada. Por es en la práctica, cuando se trata de colocar un peso en medio d una viga, siempre se procura darle mas grueso por aquella part que por los extremos, cuyas dimensiones pueden disminuirse segu cierta regla que presto se aplicará, y por la cual nada se le quita d su fuerza (Véase §. 387).

375. *Corolario* 2.º = Si en lugar de colocar cualquier peso sobr alguna parte de la viga se compartiera en toda ella, obraria lo mismos efectos, pero en este caso el impulso no sería sino la mitac de lo que de otro modo fuese. Por esto, en toda construccion deber hacerse todas las diligencias posibles para no colocar pesos en medio de los maderos.

376. *Corolario* 3.º = Si w fuese el peso mayor que pudiera sostener una viga en su punto céntrico, y se quisiera saber el lugar en que pudiera resistir otro mayor W, esto se resolveria de este modo:

$$W : w :: \tfrac{1}{2}AB \times \tfrac{1}{2}AB = \tfrac{1}{4}\overline{AB}^2 : AC \times BC = AC \times (AB - AC) = AC \times AB - \overline{AC}^2.$$

Contráense las observaciones precedentes á las vigas sostenidas por ambos extremos; pasemos á tratar de los casos en que las vigas estan sujetas por un solo extremo.

377. En las vigas semejantes, prismáticas ó cilíndricas, sujetas por solo un extremo, la fuerza varía inversamente, bien como el diámetro ó bien como el largo.

Represéntense por las letras ABEF, *abef* (figura 32) las secciones longitudinales de dos vigas prismáticas colocadas horizontalmente en el muro HK; la fuerza que tienen las vigas para resistir á la fractura en los extremos EF, *ef*, por donde estan embutidas en el muro, se medirá del mismo modo que en los casos precedentes, esto es, por el producto del área de la seccion lateral por la distancia de su centro de gravedad (§. 352). En este caso la fractura principia por arriba en los puntos F, *f*, y acaba en los de abajo E, *e*. La tendencia que causa la fractura, será el peso de las vigas que obra á la distancia de sus centros de gravedad desde los extremos sostenidos EF, *ef*. Así $S : s :: \frac{A \times G}{\frac{1}{2}L \times W} : \frac{a \times g}{\frac{1}{2}l \times w}$, ó si alguno de los pesos W', w', se coloca en los extremos de las vigas

pues que los efectos de estos pesos para producir la fractura se han de medir por $W' \times L$, y $w' \times l$, en este caso será

$$S : s :: \frac{A \times G}{L\,(\frac{1}{2}W + W')} : \frac{a \times g}{l\,(\frac{1}{2}w + w')};$$

y si los pesos W, w, de las vigas son muy pequeños comparados con los pesos agregados W' w', entonces $S : s :: \frac{A \times G}{L \times W'} : \frac{a \times g}{l \times w'}$.

Por esto en las vigas semejantes, $S : s :: \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$ ó $\frac{1}{L} : \frac{1}{l}$.

Si W, w, representan los pesos de las partes ABCD, *abcd*, de las vigas (figura 32), entonces la tendencia en aquellas partes para las fracturas en C c, se medirá por $\frac{1}{2}AC \times W$, y $\frac{1}{2}\,ac \times w$; por consiguiente si S, s, representan las fuerzas de las vigas C y c, se tendrá: $S : s :: \frac{A \times G}{AC(\frac{1}{2}W + W')} : \frac{a \times g}{ac(\frac{1}{2}w + w')}$: ó si W, w son muy pequeños con respecto á W' y w' entonces $S : s :: \frac{A \times G}{AC \times W'} : \frac{a \times g}{ac \times w'}$.

Si un peso dado W' se sostiene al extremo de una viga dada y es tan pequeño que no se tome en consideracion, la fuerza de esta viga para resistir el peso W', en cualquier punto C entre A y F, varía como $\frac{A \times G}{AC \times W'}$, ó una vez que W es constante, como $\frac{A \times G}{AC}$.

378. Hasta aquí se han considerado y examinado las vigas en sus posiciones horizontales; mas en la construccion de las armaduras y en muchos otros casos, las vigas se colocan inclinadas al horizonte, y con este motivo será preciso variar el modo de investigacion; así pues:

Cuando una viga se coloca en una posicion angular con respecto al horizonte, su resistencia para sufrir una fuerza vertical es respecto á su resistencia cuando se coloca horizontalmente, lo que el cuadrado de su radio al coseno de su ángulo de elevacion.

Represéntese por la figura 33 una viga inclinada *a b*; tírese la línea *c f* perpendicular al horizonte; *c d* será entonces la seccion vertical de la viga en el punto c, y la perpendicular *c e* hácia *a b* la seccion trasversal que viene á ser lo mismo que la de la posicion horizontal. Ahora bien, la fuerza en ambas posiciones es como la seccion multiplicada por la distancia de su centro de gravedad al punto c; pero siendo las secciones de un mismo ancho son como

los gruesos cd, ce; y las distancias de los centros de gravedad como los mismos gruesos; así pues las fuerzas serán como $cd \times cd$ á $ce \times ce$ ó $\overline{cd}^2 : \overline{ce}^2$: mas por la semejanza de los triángulos cde, afd, se tiene $cd : ce :: ad : af$, ó como el radio al coseno de su elevacion; luego la fuerza oblícua es á la trasversal como $ad^2 : af^2$, ó como el cuadrado del radio al del coseno del ángulo de inclinacion.

379. De aquí nace que toda viga es mas débil contra la presion lateral en la posicion horizontal, y que adquiere mas y mas fuerza á proporcion que se aproxima á la posicion vertical, que es en la que llega al máximo de su fuerza.

380. Cuando las vigas están en posicion oblícua y sostienen pesos, bien sea en sus puntos medios ó en otras semejantes situaciones ó bien distribuidos por todos sus largos, los impulsos que aquellos reciben son directamente como sus pesos, largos, y cosenos de elevacion.

Pues que en el plano inclinado el peso es á la presion que se ejerce en aquel como ad es á af, ó como el radio al coseno de elevacion, así la presion es como el peso multiplicado por el coseno de elevacion; luego la impulsion ó peso que gravita ó empuja será como el largo de la viga y esta fuerza, esto es, como el peso $\times$ largo $\times$ coseno de elevacion.

381. *Corolario* 1.°=Cuando los largos y pesos de las vigas son los mismos, la impulsion es como el coseno de elevacion: es pues mayor en las vigas colocadas horizontalmente.

382. *Corolario* 2.°=En toda posicion semejante á la anterior, si los pesos varían como los largos, ó las vigas son uniformes, la impulsion varía entonces como los cuadrados de sus largos.

383. *Corolario* 3.°=Supóngase que afg representa una viga, colocada horizontalmente, y adb otra oblícuamente (figura 33.) Cuando los pesos que cargan sobre ambas vigas son iguales, la impulsion que obra en ellas será tambien igual, siempre que ademas la línea gb sea vertical, pues el producto del largo por el coseno del ángulo de elevacion es el mismo en ambas; ó $ab \times \cos.a = ag \times$ radio.

384. *Corolario* 4.°=Pero si los pesos de las vigas varian así como sus largos, entonces la impulsion variará tambien en proporcion.

385. *Corolario* 5.°=Regla general: toda impulsion en cualquier punto de una viga colocada oblícuamente, es directamente como el rectángulo de los segmentos de la viga y el peso y el coseno de inclinacion, é inversamente como el largo.

386. *Cuando una viga haya de sostener algun peso, ó resistir alguna fuerza ó presion que obre en ella lateralmente, su resistencia debe ser proporcionada á la impulsion que reciba*; es decir que el producto del ancho por el cuadrado del grueso, ó en secciones semejantes, el cubo del diámetro en cualquier lugar debe ser proporcional al largo multiplicado por el peso ó fuerza. Lo que es tambien exacto en las diferentes piezas del mismo material comparadas juntamente.

Es claro que en toda pieza de madera ó de metal, como igualmente en cada una de sus partes, empleada en una fábrica ó construccion de alguna máquina, debe ser la resistencia proporcionada al peso, fuerza ó presion que se les intenta aplicar. Por lo tanto, la resistencia debe ser en cada una de las partes como la impulsion que se ejerce en ella; pero la resistencia es como el ancho por el cuadrado del grueso, y la impulsion como el peso ó fuerza por la distancia á que esta obra, por consiguiente deben siempre existir ambas en una relacion constante para producir el efecto deseado. Esta propiedad general indujo á que se adoptara la costumbre de dar diferentes figuras á las vigas segun las circunstancias y el lugar que habian ocupar. No debe atenderse tanto á esta propiedad en las obras de madera como en las de metal, porque la primera es mas ligera y barata, y porque á menudo cuesta mas labrar un palo de madera y darle su verdadera forma matemática, que lo que vale despues de hecha esta operacion. Mas en el uso de los metales, el caso es muy distinto; estos son pesados y costosos; por consiguiente, si no se atiende á las leyes naturales de la disminucion, á las que se puede recurrir sin alterar la resistencia, se sobrecargarán las construcciones de un material innecesario, y aun perjudicial, que solo aumentaria su costo.

Así, se ha explicado como ejemplo en el párrafo 343 con referencia á la figura 28, que la mayor impulsion en la viga $olpm$, reside en la línea op, y que el peso w, no puede ejercer tanta fuerza para doblar ó partir la viga entre los puntos intermedios p y w, como la que ejerce en p. Siendo este el caso, es claro que la viga no requiere ser tan fuerte por el extremo m como en op, y que la sustancia puede cortarse cerca del extremo lm, aliviando á la parte op, de un peso inútil de aquella porcion de material, y por consiguiente la viga puede efectivamente adquirir mayor resistencia como un todo debilitándola por la parte donde esta no se requiere.

387. Igualmente se ha establecido (§. 374) que cuando un peso se coloca en el medio de una viga puesta horizontalmente, aquella

parte debe ser mas fuerte que los extremos, y que sin embargo de ser prismática ó paralela la viga que se emplee en este objeto y de tener iguales áreas y fuerzas positivas en todas sús partes, puede cortarse no obstante una gran porcion del material en sus extremos sin menoscabar su resistencia. Se pasará ahora á examinar cómo y cuándo se hace necesaria esta operacion, y en el lugar donde se han de dar estos cortes, como asimismo se darán las reglas para su ejecucion que se hace precisa en muchos casos.

388. *Primero.*=Supóngase que el impulso proviene de un peso que se ha de sostener en el extremo de una viga colocada de firme en un muro. Esta suposicion admite lo menos tres casos, dependiendo todos de la forma que se haya debido dar (obligado por las circunstancias) á la pieza que sostiene: 1.º Puede hacerse necesario que sus superficies superior é inferior, ó planos horizontales, estén paralelos uno á otro: 2.º puede ser igualmente necesario que sus dos lados verticales sean planos paralelos uno á otro: ó 3.º que la parte que sostiene puede ser circular en sus secciones trasversales.

389. Lo expuesto en el primer caso, se verificará si á la parte que sostiene se le dá la forma de una cuña isósceles como está representada en ABD (figura 34) cuyos lados planos superior é inferior son paralelos al horizonte; porque si se llama al área de cualquiera seccion a, al espesor dado d, y á la distancia del centro de gravedad á la parte superior g, se tendrá $a = \mathrm{BD} \times d$, y $g = \frac{1}{2} d$; $a \times g = \frac{1}{2} \mathrm{BD} \times d^2$, que varía como BD ó BC, que tambien varía como AC. Así es que la resistencia es como $\frac{\mathrm{AC}}{\mathrm{BD}}$; quiere decirse que es constante: en esta forma solo se requiere la mitad del material necesario para un apoyo rectangular.

390. *Caso segundo.*=Cuando los lados de las vigas sean planos paralelos verticales, el espesor debe variar de modo que d^2 sea en todas partes proporcional al largo l. Esto se obtendrá haciendo los espesores de la viga como ordenadas de una parábola comun, y el extremo de aquella será el vértice, y el largo el eje. El lado superior ó inferior del apoyo puede ser plano como se representa en *esg* (figura 34), en la que se ve que lo es el lado superior; ó tambien pueden ser curvas ambas superficies superior é inferior, con tal que las distancias que medien entre ellas por todas partes sean como las ordenadas de una parábola comun. Con esta forma se ahorra una tercera parte del material, ó se puede pasar sin él

sin disminuir en nada su resistencia. Las planchas ó parábolas dobles, encorvadas por los cantos superior é inferior, son las que generalmente se eligen para formar las vigas vibradoras ó de vibracion de las máquinas de vapor, cuando se construyen de hierro colado.

391. *Caso tercero.*=Cuando el sosten es circular, ó las secciones son en todas partes de la misma figura, bien sean formando círculos cuadrados, ó polígonos iguales, es preciso que sean d^3, ó b^3, proporcionales á l; ó los espesores y anchos deben ser como las ordenadas de las parábolas cúbicas. Esta forma es la mas adecuada para las cúspides de las torres ó fanales que por lo regular están expuestas á vientos recios.

392. Si el peso ó carga en vez de aplicarlo en el extremo del apoyo se distribuye uniformemente por todas partes como se practica sobre puntales, llamados en la albañilería canes ó tornapuntas, que sirven para sostener los balcones, las galerías, y las cornisas pesadas, y si una superficie es plana y los dos la terales paralelos son planos verticales; entonces la otra superficie, sea inferior ó superior, tambien será plana, pero formará con la otra un ángulo tal como *dbe* (figura 35). Así *bd* siempre será una línea recta como las *de* y *be*; por consiguiente *dbc*, es una cuña, y la mitad de la viga puede cortarse sin que por esto se disminuya su resistencia. Los canes ó tornapuntas á menudo se adornan dándoles las figuras de hojas &c., pero los ornatos no deben profundizar mas allá de la línea *eb*, pues de lo contrario se menoscabaria la resistencia.

De los maderos sostenidos por ambos lados.

393. Cuando un madero sostenido por ambos extremos es de grueso uniforme desde una cabeza hasta la otra, y se le destina á soportar un peso que ha de ir colocado inmediato á su centro, su seccion horizontal debe constar de dos triángulos isósceles unidos por ambas bases como se representa en la figura 36, y la junta ó union *c* de estas, será el punto donde deberá colocarse el peso (§. 389).

Pero como esta forma ofreceria inconvenientes en la práctica, á causa de la debilidad de los extremos que descansan sobre el muro, para salvar este inconveniente es costumbre darle mas anchó á las cabezas, como está demostrado por las líneas de puntos

en f, en lugar de darles la figura triangular y aguda que en ellas se nota. En esta virtud, la forma del madero ha de ser tal como la descrita por las líneas de puntos desde f. Si en vez de un madero se coloca una barra de hierro colado, entonces se le dá la hechura marcada con puntos, hácia el extremo g.

394. Es regla general en el uso de estas barras ó maderos, que en las fábricas debe cuidarse no descansen sus cabezas inmediatamente sobre los ladrillos ó piedras de los muros en que fueren colocadas, particularmente cuando el peso que hubieren de soportar es de alguna consideracion; porque el ancho de una viga ó barra nunca es de mucha extension, y si descansa inmediatamente en el muro, todo el peso gravitaria sobre algunas pocas piedras ó ladrillos que cayesen debajo de sus extremos y fácilmente podria deshacerlos. Se colocarán, pues, unas piezas de madera llamadas solerillas, ó planchas de hierro colado, en direccion trasversal ó ángulos rectos con el eje de la viga fijada en el muro y bajo sus extremos para que estos descansen sobre aquellas como se demuestra en h, h (figuras 36 y 37). El largo y grueso de estas solerillas ó planchas, deben ser arreglados al peso que hayan de sostener, y á la solidez del material que les queda inmediatamente por debajo: sirven para distribuir el peso de la viga en una porcion considerable del muro impidiendo así que gravite sobre un solo punto. Para las vigas se emplean comunmente las planchas de madera ó solerillas, y para las barras de hierro las del mismo metal fundidas en arena; sus cantos pueden llegar hasta la superficie del muro, pero jamas deberán sobresalir fuera de ella. Estas planchas deben ir sentadas sobre mezcla, y en los casos en que se emplea el hierro, si el lugar del asiento no coincide exactamente con la parte superior de la plancha, debe impedirse que la barra cabecee ó se mueva, introduciendo para el efecto algunas cuñas pequeñas tambien de hierro y derramando plomo derretido en los huecos, para cuya operacion se habrá caldeado anticipadamente el hierro por el fuego que sobre él se hubiere encendido; y despues que se haya enfriado el plomo se arreglará con un escoplo propio para el efecto.

395. Una viga cuyos lados sean planos verticales paralelos, destinada á soportar una carga permanente colocada en cualquier punto, debe formarse de dos parábolas unidas por $c\,d$, donde gravita el peso, como en la figura 38. Las superficies superior ó la inferior pueden ser rectas, ó ambas curvas, siempre que se observen las condiciones de proporcion ya referidas (§. 390). Los extremos que

se extienden á uno y otro lado y van marcados con puntos, son las porciones necesarias que deben introducirse en el muro.

396. El mismo efecto de resistencia se produciria aproximadamente por solo líneas rectas, como en la figura 39, en la que se emplean dos cuñas rectas unidas por el punto c, donde está colocado el peso fijo.

397. La figura 40 demuestra el modo de construir una gran viga de hierro de esta clase, con la menor cantidad posible de metal. Consiste en dos planchas que forman ángulos rectos una con otra, pero fundidas en una pieza como lo denota A (que es la seccion de la viga), por cuyo medio se adquiere tesura. La plancha vertical tiene el contorno necesario para darle la suficiente fuerza para resistir cuando se le aplique el peso c, pero se ahorra una cantidad considerable de material con los huecos $e\,e\,e$, que se les ha dejado.

398. Cuando el peso no se limita á solo ocupar un punto particular de la viga, sino que se distribuye por toda ella sin estar sujeta á cambios, y sus dos extremos se colocan de firme en dos muros opuestos, el centro de dicha viga puede ser mas débil que sus extremos; pues en este caso pueden compararse con dos cuñas opuestas, tales como en la figura 35, que se juntan por los puntos b, aunque en la práctica se les dá siempre un grueso considerable en el medio ó en la union, que de otro modo serian puntas agudas ó angulares.

399. Cuando se distribuye un peso con igualdad, pero que no está fijo en su posicion, sino que está sujeto á cambio en una ú otra parte como en las planchas de los ferro-carriles, ó en los cuartones que sostienen pisos de madera en los almacenes, sobre los cuales unas veces se coloca un peso en una parte y otras en otra, y en donde los extremos de las vigas no pueden mantenerse ó colocarse de firme, la seccion elíptica ó semielíptica como demuestra la figura 41 es la preferible; porque cuando una viga se halla terminada lateralmente por dos planos paralelos perpendiculares al horizonte, $\overline{de}^2$ será en todas las posiciones, como el rectángulo $a\,d$ por el rectángulo $d\,b$ y la curva $a\,e\,b$ viene á ser una elipse. Si la figura fuese sólida, como se indica con la línea de puntos, de modo que se redujeran todas las secciones á figuras semejantes, entonces $\overline{de}^3$ guardaria la misma proporcion con los

rectángulos, y la condicion de la resistencia sería todavía mayor.

400. Por las observaciones que preceden, se verá la necesidad de emplear las planchas trasversales ó aquellas cuyas superficies forman unas con otras ángulos rectos, llamados por los fundidores *plumas*, que ya se han descrito (§§. 174 y 176), como asimismo se sabrán los principios de donde nace su fuerza superior. La figura 16 representa una seccion de dicha plancha ó astil, cuya superficie superior es lisa y llana, y está dispuesta para recibir viguetas ó levantar un muro sobre ella: mas si se le quiere dar mas fuerza, su seccion trasversal debe representar una cruz perfecta como se ve en la figura 42. Esta forma siempre se ha adoptado para las varas que llaman de union en las grandes máquinas de vapor, que son (cuando se forman de hierro colado) las que unen ó por las que se pone en contacto un extremo de la barra de vibracion con la cigüeña del volante, y son mas anchas por el centro, en cuya parte estan mas expuestas á doblarse por la vibracion; igual forma se dá con frecuencia á los pilares ó columnas de hierro colado cuando han de sostener grandes pesos. La figura 43 representa la seccion trasversal de otra forma de vigas de hierro colado, muy usadas como apoyos, cuartones y columnas, en los casos en que se necesite de una gran resistencia, principalmente en los que el impulso haya de ser lateral, como por ejemplo en la parte B. Esta viga se compone de la union de tres planchas planas fundidas en una pieza; es de mayor resistencia en la direccion del ancho de dos de las planchas que lo es en la otra restante, pero se puede sin embargo tener confianza en ella en la posicion que está descrita en la figura, donde se representa como sirviendo de cuarton, para lo que es muy conveniente, pues cuando se le dá esta aplicacion ocupa poco lugar, porque en vez de descansar las viguetas sobre el cuarton, ocupando así el duplo de su altura, se les puede dar á aquellas algunos cortes por medio de los cuales se consigue que ajusten y vengan á ocupar los vacíos que quedan por uno y otro lado de aquel, como se ve en B, donde se demuestra por los puntos las partes de la viga de madera que han de ajustarse en las cavidades longitudinales á los lados de la de hierro. La forma cilíndrica ó la que va ligeramente rematando en punta, es sin duda la mas hermosa para una columna ó pilar, y cuando se hacen de hierro colado ofrecen mas ventajas si son huecas, como ya se ha dicho (§. 173). Esta forma es igualmente útil si se adopta para las barras ó palancas giratorias de los

molinos, pues con la misma cantidad de material se obtiene mas tesura y resistencia que si aquellas fuesen sólidas (§. 334).

401. Las fuerzas laterales de dos cilindros del mismo material de igual largo y peso, y de los que el uno sea sólido y el otro hueco, estan en razon de los diámetros de sus secciones.

Represéntese en la figura 44 con las letras ABG *abg* las secciones de dos cilindros de igual peso y largo, y que ABG sea hueco y *abg* sólido. Por las condiciones el área del anillo D debe ser igual al área de toda la seccion circular *agb*, y como las resistencias de los cilindros son como sus áreas multiplicadas por las distancias de sus centros de gravedad desde los puntos de presion, si G y *g* son los centros comunes de gravedad de ambos cilindros, y si se llaman A *a* los dos puntos de la presion, su resistencia relativa será como *ag* á AG, ó como sus rádios, y consiguientemente como sus diámetros.

402. Cuando se tratare de emplear una cantidad determinada de material, la forma que en este caso promete mas resistencia es sin duda la de un cilindro hueco; y como principio, parece que esta disposicion puede llevarse mucho mas adelante aumentando el diámetro de AB y el de su tubo contenido. Mas por este procedimiento puede adelgazarse tanto el anillo que no pueda resistir aun su mismo peso, y Tredgold ha demostrado que en el hierro colado se obtiene el máximo de la resistencia cuando el anillo tiene una quinta parte del diámetro externo del cilindro. Por una propiedad de los círculos concéntricos, la cuerda *cd* colocada al través del círculo exterior, será el diámetro de un círculo igual en área á su anillo exterior; por consiguiente en la figura $cd = ab$, y por esta regla puede fácilmente formarse con la misma cantidad de metal un cilindro sólido de igual peso.

403. La naturaleza ha adoptado este principio en muchos y variados casos, obteniendo de este modo ligereza y resistencia, ambas á un mismo tiempo. Todos los principales huesos en la estructura animal, son huecos ó tubulares, así como las plumas de las aves, las cañas del trigo y de muchos otros granos, y los tallos de infinidad de plantas. A la verdad, todos los árboles participan de esta formacion; porque los renuevos son por lo regular huecos y henchidos de meollo, y á medida que vá creciendo el árbol van sucediéndose una série de tubos embutidos unos en otros cuyos huecos se van llenando por el crecimiento progresivo de cada uno. Esta misma construccion contribuye á dar mas resistencia á los

troncos de los árboles y á sus ramas, y nos enseña á cortar un palo que pueda tener las dimensiones correspondientes para emplearlo en cualquier objeto á que se destine. Represente, pues, la figura 45 la seccion trasversal de un tronco compuesto de anillos anuales circulares y concéntricos de madera. La pieza mayor que se puede sacar de este árbol, es un madero cuadrado como se demuestra por las letras *abcd*, y tambien será la mas fuerte, con tal que los impulsos que haya de recibir varien y obren hácia su centro; pues que en este caso el centro del tronco es el del madero, y este se compone casi todo de tubos concéntricos de madera; una pieza tal como esta, es mas á propósito que ninguna otra (excepto un tronco perfectamente redondo) para formar un pilar ó poste recto que haya de sostener un peso vertical, pues que no puede ser mayor su tendencia á doblarse mas á un lado que á otro. El aplicar la presion hácia el centro de una viga colocada horizontalmente es cosa que nunca ocurre, y estas vigas se emplean por lo regular para soportar pesos que ejercen la presion hácia abajo. Para este efecto se les dará un corte tal, que coincidan las capas todo lo mas posible con la direccion de la presion, y se obtendrá este resultado si se cortan las piezas como en *efgh*, en la que se ve que á todas las capas paralelas que se ha podido, se les ha dado una posicion vertical. Por la misma razon, la pieza trazada en *igmn* (sin embargo de ser su área igual á la antecedente) es la peor que pudiera elegirse para el efecto, á menos que se destinara para servir de cabeza la parte *ig* ó *mn*; pues que las capas en su ancho son casi todas horizontales; pero si *gn* ó *mi*, se destinan á ocupar las partes superior é inferior, las capas serian verticales como en el último caso, y se obtendria una fuerza mucho mayor.

404. Se atiende tanto á la posicion de las capas en la madera, á causa de la propension natural de esta sustancia á partirse ó separarse segun la direccion de aquellas: cada capa puede considerarse como una tabla delgada; y un madero puede decirse que es un conjunto ó série de tablas delgadas adheridas las unas á las otras. Ya se ha visto que una tabla puesta de canto es capaz de sostener un peso mucho mayor que cuando se coloca de plano (§. 357). El corte *efgh*, (figura 45) puede considerarse como una série de tablas delgadas puestas de canto, mientras *igmn* representa un conjunto de las mismas tablas colocadas de plano, y por consiguiente menos dispuestas á resistir la presion por arriba ó por abajo.

405. Por el procedimiento descrito ya en otro lugar para co-

nocer la fuerza comparativa de los maderos, que es tomar su área seccional y multiplicarla por la distancia de su centro de gravedad al punto de la presion, parece que no hay diferencia alguna en el resultado, si el área la forma, bien una viga sólida de madera ó de metal, ó bien un gran número de tablas delgadas ó de planchas ó láminas aglomeradas unas sobre otras hasta formar el mismo espesor y el mismo ancho, pues que el área y el material son los mismos en ambos casos. El resultado es sin embargo diferente, porque uno de los elementos que contribuyen á la fuerza de los maderos, es su rigidez y tesura causada por la coherencia natural de sus partículas, que impide que una porcion de estas se deslice sobre las otras, de modo que no pueda efectuarse un cambio considerable sin que ocurra la fractura. Pero cuando se aglomeran un número de planchas ó láminas unas sobre otras de modo que produzcan grueso, la accion de la coherencia se disminuye y las láminas se deslizan unas sobre otras sin dificultad. En lugar de adherirse la lámina del fondo con la que queda por encima, y de este modo auxiliarla y darle resistencia y tesura, puede hasta hundirse, privándola así de su apoyo, y del mismo modo sucederá con la inmediata y la otra, y así sucesivamente aunque irá disminuyendo el efecto. Por eso dos ó mas vigas puestas unas sobre las otras en posicion paralela, no pueden ejercer el mismo efecto cuando sostienen un peso, que una pieza sólida cuya área sea igual á la que componen aquellas reunidas, á menos que no se recurra á un medio para unirlas de modo que no se deslice una sobre otra. Esto se efectúa en escala menor por medio de la operacion de encolar las dos piezas juntas, pero el procedimiento mecánico para conseguir este objeto en obras de alguna magnitud se llama ensamblar ó empalmar, y esto se ejecuta comunmente formando á las partes que se han de unir una superficie muy lisa y llana, de modo que queden en contacto perfecto una con otra; F, G (figura 46) demuestra dos piezas de madera que se han de unir con el objeto de darlas resistencia para sostener, sin cimbrarse, un gran peso marcado con la letra W. Durante la preparacion se colocan las piezas en situacion provisional perfectamente nivelada, cargándolas con varios pesos, y despues que estan unidas se hacen las escopleaduras *n n n* &c., de modo que profundicen hasta una distancia regular en la superficie de la pieza inferior segun el grueso de esta. Las escopleaduras han de pasar al otro lado de la pieza, y las inferiores han de coincidir perfectamente con las superiores.

Despues se tornillan las dos vigas fuertemente con tornillos de tuercas *b b b*; luego se colocan piezas rectangulares de roble ú otra madera dura en las escopleaduras *n n n*, donde se introducen forzadamente. Si esta operacion se ejecuta bien, una pieza no podrá cimbrar sin que la otra experimente el mismo movimiento, ni podrán deslizarse unas sobre otras; por consiguiente se obtendrá por este medio la misma estabilidad y tesura que si aquellas fueran piezas de madera sólida.

406. Los diámetros de los mástiles en las grandes embarcaciones son de tal magnitud que no hay maderos bastantemente grandes para formarlos; y como en aquellos se requiere mucha resistencia y tesura, las piezas de madera de que se componen se unen por medio de esta operacion. Pero el método de operar del carpintero de ribera en estos casos es sin embargo muy complicado y dificil de ejecutar, y al mismo tiempo muy dispendioso, pues se desperdicia mas madera en esta operacion que en la precedente. En cambio es mas duradero, pues en aquellos no se encuentran piezas separadas que se aflojarian con el movimiento é impulsos que reciben los mástiles. En este método de operar los dos lados de los maderos que se han de poner en contacto, se introducen unos en otros por ciertas elevaciones y depresiones ó endentaduras correspondientes, cortadas en la madera sólida, como está demostrado en la figura 47. Introducidas pues una en otra las piezas del modo ya referido en los dos lados donde las juntas parecen estar llanas y lisas, dos piezas mas delgadas del mismo ancho de las dos que se han unido vuelven de nuevo á unirse á estos lados casi por medio de la misma operacion, despues de lo cual se redondean ó dan una forma cilíndrica, sujetándolos despues con aros de hierro por la parte exterior. Por medio de esta operacion pueden unirse varios maderos de modo que puedan tener la tesura de una sola pieza, y este método se emplea provechosamente y con frecuencia en la construccion de los grandes arcos de madera, en los techos, y en todas aquellas obras que requieren cierta magnitud y no se encuentran maderas propias para el efecto.

407. Aunque un madero cuadrado contiene mayor cantidad por la medida, que la que puede dar de sí otro redondo, no obstante deben proporcionarse y emplearse en las fábricas la madera de mayor resistencia, pues que brindan mas ventajas, y los palos perfectamente cuadrados no llenan estas condiciones, porque el producto de su ancho por el cuadrado de su grueso no es el mayor que puede obtenerse. Se puede, sin embargo, obtener la relacion de sus dimensiones tirando un diámetro al través de la seccion del madero por los punto *a d* (figura 48), y dividiéndolo luego en partes iguales en *b* y *c*, sobre las cuales se levantan perpendiculares al diámetro prolongadas hasta cortar la circunferencia; juntando los puntos en que queda dividida la circunferencia por las perpendiculares y los extremos *a d* del diámetro por líneas rectas, se obtendrá el rectángulo *a f d e*, y por este medio se conseguirán las líneas de límites de la viga mas fuerte que podrá sacarse de dicho madero.

408. Se notará que en todas las reglas precedentes se señala la resistencia comparativa, y no la absoluta, de las vigas á que aquellas se refieren, é indican el órden que ha de observarse para comparar la resistencia de una viga con la de otra, pero no para comparar el peso que puede resistir una viga dada. Para resolver este problema habrá que recurrir á datos adquiridos por la experiencia; para ello se han hecho las investigaciones y formado las tablas de resistencia insertas en la seccion II de este capítulo, que hacen relacion á la resistencia ó fuerza absoluta de los materiales. Por medio de estas tablas puede determinarse aproximadamente la fuerza absoluta de las barras, bien sea contra la compresion ó bien contra la extension, y determinada la potencia de una barra, puede convertirse en el área de una viga ó en una gran masa por la multiplicacion, con suficiente seguridad en los mas de los objetos prácticos, pues que tratándose de la resistencia de los materiales para el uso siempre se deben dar de mas. Así pues, por las reglas ya dadas en otro lugar (§§. 348, 349 y 350), puede convertirse el valor de la fuerza absoluta en la relativa ó lateral, porque el largo ú otras dimensiones de cualquiera viga que se trate de emplear son cantidades conocidas, y como el triple del largo de una viga es á su grueso lo que su coherencia absoluta (como se ha demostrado) es á su fuerza relativa, la cuestion se resuelve muy fácilmente, y todo lo que hay que agregar es su peso para asegurarse del aumento ó la proporcion que existe con respecto al peso que ha de resistir. Esto se obtiene sometiendo este á la balanza, ó por el cálculo, valiéndose para el efecto de la tabla de pesos específicos inserta á la conclusion del presente capítulo.

409. A reserva de proceder del modo ya indicado, pueden tambien hacerse experiencias en escala menor con los materiales que se hubieren de emplear, y estos bien pueden por sí mismos

facilitar los datos necesarios, ó bien servir de prueba para corroborar los cálculos que se hicieren del modo arriba indicado. Así pues, si se toma, por ejemplo, una pieza prismática de roble de 1 pié de largo y de 1 pulgada cuadrada, pesará $\frac{5}{8}$ de libra, y si se apoya por ambos extremos, se verá que puede sostener el peso de 591 libras, mientras una barra de hierro de las mismas dimensiones, y que solo pesa $2\frac{1}{4}$ libras, sostendrá 2158.

Para determinar por este dato el peso que puede resistir en su centro una pieza cuadrada de roble de 6 piés de largo y 4 pulgadas de este grueso, se procederá de este modo.

Sea S la fuerza de la viga requerida, y s la resistencia ó fuerza de la pieza sometida á la experiencia, de 1 pié de largo y 1 pulgada cuadrada igual á 591 libras: W el peso de la viga mayor, y w el de la menor $= \frac{5}{8}$ libra. Sea $L = 6$, $l = 1$, $D = 4$, $d = 1$. El peso requerido W', el peso dado (591 libras) $= w'$.

Puesto que no se ha hecho cuenta con el peso de las vigas,

$$S : s :: \frac{D^3}{L \times W'} : \frac{d^3}{l \times w'} :: \frac{4^3}{6 \times W'} : \frac{1^3}{1 \times 591},$$

Pero la resistencia en el instante de la fractura $= 0$ en ambos casos, es decir: $S = s$; ó $= \frac{4^3}{6 \times W'} = \frac{1^3}{1 \times 591}$; de donde resulta $W' = 6304$ libras.

410. Si se hace cuenta con el peso de las vigas, en este caso

$$S : s :: \frac{D^3}{L \times (\frac{1}{2} W + W')} : \frac{d^3}{l \times (\frac{1}{2} w + w')} :: \frac{4^3}{6\,(24\,(^*) + W')} : \frac{1^3}{1\,(\frac{1}{4} + 591)}.$$

Así es que $\frac{64}{6\,(24 + W')} = \frac{1}{591\frac{3}{4}}$; y $W' = 6283$ libras.

Este ejemplo se ha sacado de la Introduccion á la filosofía natural por el profesor Olmsted, tercera edicion de 1838 (*Professor Olmsted's Introduction to natural philosophy, 3d edition* 1838), en donde se hallarán muchas otras aplicaciones semejantes, tratando de la resistencia de los materiales. En escritores mas antiguos sobre la materia se dan noticias mas extensas respecto á la fuerza absoluta de los materiales, aunque se detienen muy poco en los hechos prácticos relativos á la presion lateral. Así para obtener este dato tan

(*) Porque $W : w :: L \times D^2 : l \times d^2$, ó $W : \frac{1}{2} :: 6 \times 16 : 1 :: 96 : 1$, ó $W = 48$.

importante en toda construccion, es menester en cada caso particular experimentar y calcularlo, cuya falta sin embargo se ha suplido bastantemente por las recientes y valiosas publicaciones de Tredgold y Barlow. El primero en su Ensayo práctico sobre la resistencia del hierro colado y de otros metales (*Practical Essay on the stregth of cast iron and other metals*), del que ya se ha hecho mencion, ocupa quince páginas con tablas, por las cuales pueden determinarse con fórmulas bastante sencillas, la resistencia del hierro colado de todas formas y tamaños, como asimismo su propension á quebrarse con tales y cuales pesos; y en su Tratado de carpintería (*Treatise on carpintry*) adopta un método muy semejante al que se acaba de referir, en el que no solo se alude á la madera, sino que se extiende á muchos otros materiales que se emplean en las construcciones; de modo, que así como sirve para facilitar en gran manera el cálculo al ingeniero y al arquitecto, hace tambien que su trabajo tenga la ventaja de ir fundado sobre los principios mas sólidos que las matemáticas pueden ofrecer en la práctica y que enteramente dependa de ellas. El profesor Barlow de Woolwich ofrece una nueva edicion de su obra sobre la resistencia de la madera, que no hay duda contendrá muchas y útiles noticias auténticas.

Tabla de las gravedades específicas de todos los materiales de que se sirven frecuentemente el ingeniero, el arquitecto y el constructor, por medio de la cual se pueden calcular sus pesos.

411. El agua destilada es el término de comparacion, y como 1 pié cúbico (inglés) de agua á 40° (Fahrenheit), pesa 1000 onzas (inglesas) ó $62\frac{1}{2}$ libras, resulta que quitando la coma decimal á la gravedad específica de cualquier sustancia, se hará que el número entero represente el de las onzas que contiene un pié cúbico de aquella sustancia, y con este dato se puede inmediatamente saber el peso de cualquiera materia en medidas inglesas. Los números se han extractado principalmente de la Filosofía natural del Doctor Young, tomo II, página 503 (nota 82).

METALES.

Régulo de antimonio.	6,624
Id. de bismuto.	9,823
Bronce amarillo, el mejor.	8,370

Bronce de cañon (8 de cobre y 1 de estaño)	8,153
Metal de olla ó caldero	7,824
Cobre fundido	7,788
Id. enrollado	8,750
Oro fundido	19,258
Id. forjado	19,362
Hierro colado	7,207
Id. maleable en barras	7,788
Plomo fundido	11,352
Id. enrollado	11,725
Mercurio helado, sólido	15,632
Id. á 32° Fah.	13,619
Id. á 60°	13,580
Id. á 212°	13,375
Nicolo ó nikel fundido	7,807
Platina cruda en grano	15,602
Platina en estado de metal	20,337
Id. forjada ó enrollada	22,069
Plata pura fundida	10,474
Id. forjada ó á martillo	10,511
Acero blando	7,833
Id. templado ó duro	7,840
Estaño fundido	7,291
Zinc fundido (en el estado en que se halla para el uso)	6,862
Id. puro enrollado en láminas	7,191

MADERAS.

Aliso	0,800
Fresno	0,845
Haya	0,852
Boj duro (aleman)	1,328
Cedro de América	0,561
Cerezo	0,715
Corcho	0,250
Ciprés	0,644
Ebano	1,330
Olmo	0,544
Abeto ó pino amarillo	0,557
Pino blanco	0,469

Guayaco	1,333
Limon	0,604
Caoba española	0,663
Id. de Honduras	0,560
Meple	0,750
Corazon de roble inglés	1,170
Roble bueno seco	0,932
Alamo	0,833
Nogal	0,671
Sáuce	0,585
Tejo	0,800

PIEDRAS, TIERRAS &c.

Alabastro		2,699
Piedra de fabricar de Bath		2,200
Borax		1,714
Ladrillo duro el mejor		2,000
Id. término medio general		1,845
Mármol comun apizarrado		2,707
Id. negro de Kilkenny		2,695
Id. brocatella		2,650
Término medio en general		2,720
Piedra de molino		2,484
Piedra de fabricar de Portland	de	2,113
	á	2,570
Greda inglesa en piedra		2,684
Id. blanda		2,315
Carbon, Canel de New-Castle		1,269
Id. de Inland y de Bretaña		1,240
Id. de la Cueva de Pensilvania		1,300
Pedernal		2,582
Granito azul de Aberdeen		2,625
Granito de Cornwalia		2,662
Id. muy compacto		2,761
Piedra de amolar		2,143
Yeso comun oscuro		2,168
Id. el mejor trasparente		2,274
Piedra de cal: varía	de	2,710
	á	3,182

Cal viva		0,843
Piedra de Purbeck		2,601
Pórfido, término medio		2,750
Serpentina id.		2,600
Pizarra para techos		2,672
Piedras areniscas	de	2,000
	á	2,700

Linazas (aceite de)	0,940
Espíritu de trementina	0,870
Alcohol rectificado	0,829

CAPITULO III.

DE LA CONSTRUCCION Ó DEL ARTE DE FABRICAR.

412. Bajo este título están comprendidas todas las reglas y principios que la práctica y la experiencia han dictado para el mejor uso de todos los materiales ya descritos para dar la mayor estabilidad y firmeza á las obras, como asimismo para hacerlas con simetría y de hermosa vista. Como que toda fábrica grande es necesariamente costosa, tambien se indican los medios de fabricar mas económicamente, ó se demuestran los principios por los cuales se señala el órden de deducir la mayor fuerza con la cantidad mas pequeña de material; problema en que el ingeniero científico ejercitará constantemente su habilidad, juicio y destreza.

Las operaciones que se hacen con las diferentes clases de materiales son en sí tan distintas, que requieren explicaciones separadas; por lo tanto, se dividirá este capítulo en cuatro partes ó secciones, en las que se tratará respectivamente de las obras de piedra, ladrillo, carpintería y ensambladura; pues de las de metal y otras materias no se puede hacer mencion por ser impropias del lugar que ocupan las precedentes; y siguiendo el órden ya indicado al fin del capítulo que trata de las medidas, cada seccion concluirá con los métodos de medir y computar el valor de la obra que en ella se describa (nota 83). Se ha adoptado este arreglo por la razon expuesta en el citado capítulo, pues no puede tratarse de estas medidas, sin valerse de muchos términos técnicos pertenecientes á cada clase de obra en particular, y que por no haberse hecho mencion de ellos al principio del tratado no se hubieran podido comprender.

SECCION I.

De las obras de piedra ó albañilería.

413. En el arte de fabricar se procede de varios modos, pero todos comprendidos bajo la denominacion de *albañilería*, término que en Inglaterra solo se aplica á la obra de piedra, así como el de *albañil* al que la labra. Así, cuando se dice que alguna parte está sostenida por una obra de albañilería, deberá entenderse que esta solo se compone de piedras. Este término es mas general en Francia, pues no tienen otro modo de expresarse cuando se trata de operarios ó asentadores de ladrillos, llamados en inglés *bricklayers*, que por los compuestos de *maçon de brique*, ó *maçon de pierre*, y en este pais (Estados Unidos) es aun mas general, pues hay albañiles de piedra, de ladrillo y de mármol. Estos últimos pertenecen á aquella clase superior de artesanos llamados *estatuarios*, ó que esculpen y forman estátuas, bustos, capiteles para las columnas, tumbas, monumentos ú otros trabajos de lujo, pero que muy rara vez se emplean en la mera construccion de edificios. Los artesanos que trabajan en piedra, son considerados en Lóndres como artífices de mas alta categoría que los que solo lo verifican con ladrillo, á quienes por lo tanto se distingue llamándolos *asentadores de ladrillos*, pues que aquellos se considerarian rebajados de su dignidad si con un mismo nombre los confundieran con los últimos, llamando á estos *albañiles de ladrillo* (*brikcmason*).

414. Las ruinas antiguas existentes aun en el dia, demuestran hasta qué grado de perfeccion llegó el arte de la albañilería en los primeros siglos. Por la dificultad, exactitud, y destreza necesarias en las construcciones perfectas de piedra, á los que mas sobresalian en este arte se les alentaba y concedian privilegios é inmunidades que los demas no disfrutaban. El Dr. Henry en su historia de la Bretaña, atribuye el orígen de la francmasonería á la dificultad de reunir un número suficiente de artífices para edificar la multitud de iglesias, monasterios, cruces, y otros establecimientos religiosos que la supersticion de los primeros siglos sugirió al pueblo levantase. Por esto fueron los albañiles (*masons*) tan apreciados de los Papas, quienes les concedian muchas indulgencias con el objeto de aumentar su número. Es de inferir que por aquellos tiempos, de la proteccion del Gefe superior de la iglesia resultarian á la hermandad grandes ventajas, y á esto puede atribuirse el aumento y propagacion de sus sociedades. El mismo autor añade, al hablar del orígen de esta institucion, que algunos refugiados italianos y griegos y cierto número de franceses, alemanes y flamencos, se asociaron y formaron una hermandad ó compañía de arquitectos y constructores, y que se proporcionaron bulas del Papa para su adelanto y proteccion. Denominábanse á sí mismos *albañiles libres* (*free-masons*), porque gozaban del privilegio de trabajar en todas partes, é iban de unas naciones á otras donde habia que edificar algun templo. Era su gobierno regular, y cuando se contrataban para construir algun edificio se acampaban en cabañas que fabricaban en su alrededor. Un inspector era el comandante en gefe; por cada diez habia un maestro que era superintendente de los nueve restantes. El orígen de la institucion de los albañiles ó masones libres, data segun ellos, de una edad mas remota, pues creen que principió con la fábrica del templo de Salomon. Pero sea del modo que fuere, estas observaciones solo se han introducido en este lugar con el objeto de hacer ver la importancia de los buenos constructores en los primeros siglos, y cómo lo que en un tiempo fue una sociedad ó fraternidad de obreros de gran importancia pública ha venido á convertirse en una mera sociedad de amigos, en la cual se inculcan y enseñan preceptos morales derivados, metafóricamente, del arte de fabricar.

415. El abañil entiende en todas las operaciones que se ejecutan en una fábrica de piedra, desde que se trae esta de la cantera hasta que aparece en el edificio ya concluido, y siendo el trabajo corto tambien es el mercader, ó el que surte de piedra á su propia obra. Es costumbre en las obras de alguna consideracion, que el ingeniero ó arquitecto haga la contrata del material con algun dueño de cantera, con quien conviene en el tamaño y forma de los sillares que se han de emplear, y este los conduce al lugar de su destino. El dueño de la cantera manda extraer todos los sillares que se le han encargado, y les dá aproximadamente la figura que han de llevar en el edificio con el objeto de minorar todo lo posible el costo de la conduccion; llámase luego á los canteros

*

que las acaban de perfeccionar, lo que verifican en el lugar mas inmediato al punto en donde deben quedar colocadas. Despues que el ingeniero concluye el plano de la obra proyectada, se asegura con el auxilio de la escala y sus compases del número, forma y dimensiones que ha de llevar cada una; y concluido esto dá sus instrucciones y papeletas á la cantera, donde se señalan las piedras con números que deben ser iguales en todas las de un mismo tamaño y una misma figura. Por esta operacion se ahorra mucho tiempo y material á la vez, pues en lugar de recorrer un campo cubierto de piedras ó sillares, en busca de uno que venga bien en tal ó cual paraje, estos se ven al primer golpe de vista identificados por las señales ó números correspondientes que préviamente se les pusieron en la cantera, y cada piedra que se recibe tiene su lugar señalado en la obra. Tambien debe tenerse mucho cuidado con la distribucion y colocacion de los materiales mientras se van recibiendo, procurando queden á mano para cuando se necesiten. La numeracion debe principiarse por las piedras que primero han de emplearse ó servir para los cimientos, siguiendo este mismo órden hasta el remate de la obra. Pero aunque el dueño de la cantera tiene la lista del total, no sabe fijamente la precisa situacion y tamaño de las piedras, y podria por lo tanto equivocar el órden numérico de la remesa, y enviar indistintamente de todos tamaños. Puede acontecer, pues, que remita una partida de los números 1, 3, 5 &c. á la vez: en este caso al tiempo de recibirlas, deberán separarse y colocarse los números bajos inmediatos á la obra; las marcadas con el número 2 despues, y los números mas altos á distancias mayores; de modo que se colocan todos los números primeros en la obra, antes de necesitarse de los números segundos, que quedan así con lugar franco para su traslacion, miéntras que si se antepone el número 3º al número 1º probablemente no se podria colocar esta última en el lugar correspondiente, sin suspenderla ó ronzarla sobre otras piedras, y este material es muy pesado y frágil para manejarlo de este modo. Por razones análogas deben dejarse caminos ó veredas de la capacidad suficiente para dar paso á un caballo ó carretilla de mano por entre las hileras de los sillares, con el objeto de conducir algunos de estos á sus correspondientes lugares.

416. No pueden darse reglas para determinar el tamaño de las piedras que se emplean en las obras, pues esto solo depende de circunstancias locales, tales como la naturaleza de la piedra, la facilidad de obtenerla y la apariencia que ha de llevar el edificio. Por regla general, las piedras de mayor tamaño son preferibles á las pequeñas, porque la consistencia y firmeza de una fábrica depende mas bien del peso y buena calidad de la piedra y de la union de sus juntas, que de la fuerza y coherencia de la mezcla. Es, pues, útil y ventajoso el uso de las piedras grandes y pesadas, y emplear en las juntas la cantidad menor de mezcla que sea posible: mas las piedras no han de ser tampoco tan grandes que resulten extremadamente pesadas, ó que ofrezcan dificultades para labrarlas, moverlas, suspenderlas y colocarlas con exactitud en su lugar correspondiente, y en particular cuando han de ocupar posiciones elevadas. Los antiguos hacian uso con frecuencia en sus construcciones de masas de piedra mayores que las que se emplean en las fábricas modernas; y aun existen algunas en sus edificios que excitan la admiracion del que se pone á contemplar los arbitrios de que pudieron valerse para colocarlas en sus sitios, operacion que opone muchas y grandes dificultades al constructor moderno, á pesar de las ventajas y adelantos que se han hecho en la maquinaria.

417. La albañilería ú obra de piedra se divide en varias clases, segun la calidad de esta última, el modo con que ha de ir labrada, ó el empleo que se la dé: para explicar esto, es necesario definir algunos términos usados en la construccion de un muro. El fundamento de todo muro ó fábrica, bien sea de piedra ó de ladrillo, se llama *cimiento*; y este debe ser en todos casos horizontal y recto, no solo para dar buena apariencia á la obra, sino para conseguir igualdad de presion, y para impedir cualquiera tendencia de los materiales á deslizarse fuera de sus posiciones si se colocaran sobre un fondo inclinado ú oblicuo. El trabajo se ejecuta formando lechos horizontales ó *hiladas* de material en órden sucesivo, las cuales á la vez que se van formando han de requerirse con el nivel para asegurarse de si guardan una posicion verdaderamente horizontal. El intervalo entre una y otra hilada se llama *junta horizontal ó lecho*, y los intervalos laterales entre unas y otras piedras se distinguen con el nombre de *juntas verticales*. La parte exterior de todo muro se llama *cara ó paramento*, y la parte interior *su espalda*, por lo que rellenándose por lo regular esta parte interior se dice *respaldarla* (*backing it up*). Como los materiales que se emplean en la construccion de un muro, son mas tenaces y fuertes que la mezcla con que se les une, principalmente cuando aun está fres-

ca, debe ponerse gran cuidado al tiempo de colocar las piedras, sentándolas de tal modo que queden interceptadas las juntas, ó como se llama, á *juntas encontradas*, evitando por este medio que una junta vertical caiga sobre la otra en dos ó tres hiladas ó lechos sucesivamente; pues que esta disposicion de las piedras, no solo dá mala vista á los muros, sino que no son tan fuertes y puede muy bien causar su separacion lateral. A este órden regular de disponer los materiales se llama *ligazon*, cuyo término trae su orígen de la sujecion en que estan las piedras por el peso y la friccion de las que le quedan por encima, como tambien de la tenacidad de la mezcla que mantiene sujeta y unida á toda la obra. Cuando se habla de *muros*, se entiende por esto que las partes que lo componen estan sujetas ó unidas por la mezcla ú otro ligamento que se aplica entre sus juntas, á menos que no se trate de un *muro en seco*, lo que significa un muro construido sin mezcla ó algun otro ligamento blando, y entonces se dice que se construye *en seco.*

418. Llámanse á las varias clases de obras de albañilería, de que ya se ha hecho mencion, *mampostería*, *cantería labrada* y *cantería en bruto.*

La mampostería es la mas basta y la menos consistente de todas las obras de albañilería, pues que consiste en piedras de todas dimensiones y figuras puestas unas sobre otras, sin atender á la estrechez ni union de sus juntas, ni á la hermosura de su aspecto pero sin embargo, se escogen las piedras y se colocan de modo que surtan el mismo efecto por la parte exterior que el que producen las piedras de superficie llana, cuya apariencia se les dá en muchas ocasiones por ambas caras. Subdivídese en tres clases, á saber: *mampostería tosca y enjuta; mampostería tosca con mezcla*, y *mampostería por hiladas ó lechos.* Las dos primeras por sí mismas se esplican, pues la una no viene á ser mas que una cantidad de piedras informes, grandes, aplanadas y no muy gruesas, apiladas unas sobre las otras, en tal conformidad que vengan á formar una superficie plana y tan vertical como sea posible. Al ejecutar este trabajo debe ponerse mucho cuidado en que queden á juntas encontradas, y se colocarán de tiempo en tiempo grandes *cabezotes*, ó piedras pasantes que alcancen de una cara á otra del muro, con el objeto de sujetar ambas superficies, y por este medio impedir la division longitudinal del muro. Al tiempo de verificar esta operacion, primero debe tenerse presente que para el paramento se es-

cogen las piedras que tengan la superficie mas llana y lisa, á las cuales se les dá la posicion recta que han de llevar, por medio de una cuerda ó *tendel* que marca la direccion del muro que se construye, mientras que por otro lado se requiere su posicion vertical por medio de la plomada. Despues de concluidas las hiladas exteriores, se procede á rellenar los intersticios que quedan por la parte interior del muro con los fragmentos del mismo material, que se introducen valiéndose del martillo, única herramienta de que debe usarse en esta clase de trabajo á excepcion del tendel y de la plomada.

419. La segunda clase, ó la mampostería con mezcla, solo difiere de la antecedente en que las piedras se asientan en esta clase sobre mezcla, en vez de apilarlas en seco y unas sobre otras. A causa de la forma irregular de las piedras, y por los grandes huecos que consecuentemente dejan entre sí, esta clase de obra es muy costosa por la inmensa cantidad de mezcla que en ellas se emplea. Mas para evitar este inconveniente, si se trata de construir un muro que no sea muy alto ni haya de resistir mucho peso, es costumbre no emplear la mezcla en todo su grueso, sino solo en las caras externas hasta la profundidad de 3 á 4 pulgadas, dejando la parte del centro en seco; y acontece alguna vez que la mezcla se emplea solo en la cara exterior ó paramento introduciéndola en las juntas por medio de una *llana*, y esto solo basta para dar á la obra estabilidad y firmeza.

420. La *mampostería por hiladas ó lechos* es la misma clase de obra ejecutada con mas cuidado y escrupulosidad, y consiste principalmente en escoger las piedras del mismo grueso y de faces iguales, de modo que vayan en un órden sucesivo de hiladas horizontales, y sean todas casi de un mismo alto. Este trabajo no solo se presenta á la vista con mas aseo, sino que es mas fuerte y mas duradero, pues siendo las piedras iguales en grueso debe presumirse que lo son tambien en fuerza, y que por este motivo ninguna de ellas estará mas expuesta á romperse que la otra. Se dá mejor apariencia y mas estabilidad á toda mampostería (y con mayor motivo en las que se emplea la mezcla) si se *ripia*, esto es, si se introducen con un martillo *ripios* pequeños en los intersticios que ocurren en las juntas, porque estos ripios sirven á las piedras de un apoyo mas firme y sólido que la mezcla sola.

421. La mampostería es de uso muy comun en todos los paises en que abundan las piedras, y en particular en los que no la tie-

nen de la clase de piedras francas; y es indudable que piedras, losas ó aquellas que naturalmente se dividen por lechos paralelos son mas á propósito para esta clase de trabajos que las piedras que se tocan unas á otras por superficies redondas; pero aun estas producen mejor efecto del que era de esperar, si es buena la calidad de la mezcla; y así muchos de los castillos é iglesias mas antiguas de Inglaterra estan construidas con este material, y una gran parte de la Torre de Lóndres, que es su fuerte ó ciudadela mas antiguo, es tambien de mampostería; y muchos casos podian citarse en que se ha empleado el pedernal de forma redonda, siendo de él la mayor parte de la obra. Las mamposterías en seco con piedra en bruto, son las únicas cercas ó límites que dividen los campos unos de otros, ó los estados entre sí, en la parte occidental de Inglaterra, donde abunda mucho este material: estaban mas en uso entre los antiguos que entre los modernos, y su duracion no puede estar mejor probada que por los restos de sus obras que aun existen en Europa, sin embargo de que los antiguos, al parecer, no tenian mucha confianza en su duracion, pues segun Vitrubio, los romanos la llamaban *opus incertum*. Adóptase con frecuencia en Inglaterra por su baratura para formar cimientos y plintos en los grandes edificios; pero esta práctica no debe establecerse á menos que la piedra sea muy dura y todo lo mas plana posible, pues que las piedras de formas irregulares solo pueden sostenerse unas á otras sobre puntas en vez de superficies planas, y es muy factible que estas puntas se desmoronen, y en su consecuencia haya hundimiento, si el peso es de gran magnitud.

422. La mampostería de todas clases se ejecuta y avalúa por medida y un precio estipulado: por perchas (*rods*), en cuyo caso generalmente se suponen al muro 18 pulgadas de grueso, y por consiguiente $16\frac{1}{2}$ piés á la percha; pero en cuanto al órden de computar el alto, se halla alguna diferencia local. No hay duda que una percha cuadrada ó superficial tiene tanto de altura como de largo, ó $16\frac{1}{2}$ piés en todas direcciones, ó de otro modo, 272 piés superficiales, sin contar con el cuarto de pié que resulta en la multiplicacion. Sin embargo, el que escribe no encontró un operario en todos los Estados Unidos que conviniera en que una percha de mampostería tuviese $16\frac{1}{2}$ piés de alto. Unos decian que $16\frac{1}{2}$ piés de largo por 8 de alto era lo generalmente admitido por una percha de aquella obra; otros sostenian que esta se medía como se verificaba con la cuerda de leña, y que 4 piés de altura componian la percha. El medio mas seguro, pues, de ajustar una obra de mampostería es especificar la altura que constituye una percha, ó lo que tal vez sería mejor, acordar cuántos piés cúbicos entran en ella; ó puede mandarse hacer la obra pagando un tanto por pié cúbico, sin hacer referencia á las perchas, pues en este caso no habia que llevar en cuenta el grueso del muro, mientras que si la obra se ejecuta por perchas superficiales, 18 pulgadas de grueso son las que se le calculan á un muro solo; y por consiguiente, si este habia de llevar 3 piés de grueso se tendria que pagar el valor de dos muros ó un precio duplicado; y por uno de 27 pulgadas se cargaria á razon de uno y medio muro, y así sucesivamente en proporcion al grueso que tuviera (nota 84).

423. La segunda clase de obras de albañilería llamada *sólida* y *labrada* ó de *cantería*, es la mejor y mas costosa que se ejecuta; pues que consiste en sillares sólidos de piedra franca, que se asierran ó labran de otra cualquier manera, y á los que se les dá tal forma, que puedan ajustarse en todas sus partes y unirse perfectamente unos á otros horizontal y verticalmente en todo el grueso de la obra. Rara vez se emplea esta obra en vastas extensiones á causa de los grandes costos que origina, pues en ella entra una inmensa cantidad de piedra, que ocasiona excesivos gastos en su labor para que presenten por todos sus lados una superficie plana perfecta. Mas las obras de cantería pocas veces se ejecutan del modo que se acaba de referir, pues regularmente todas las caras externas de las paredes se forman con piedras cuadradas de tal magnitud que entren en el muro hasta una profundidad considerable, y á veces que alcancen del uno al otro lado, ó sean pasantes (*perpiaños*), y cuando se ha sentado una hilada, todo el vacío interno se rellena con los fragmentos de la misma piedra, ó bien cuadrados ó de forma irregular, los cuales se aseguran con mezcla: se tiene mucho cuidado en hacer esta operacion con toda la escrupulosidad y solidez posible. Las obras de cantería que se construyen en esta forma se llaman de *albañilería mista*; mas apenas hay necesidad de hacer esta distincion, pues que en la albañilería sólida esta clase de rehincho mamposteado, ó es muy inferior en proporcion á las piedras escuadreadas y sólidas que se emplean en la obra, ó esta se convertiria en la llamada cantería en bruto, de que se tratará inmediatamente despues.

424. Empléanse las obras de sillería en la construccion de los estribos de puentes, en las columnas, muros laterales de los cana-

les, en los cimientos de grandes almacenes, y generalmente en todos los casos en que se requiere una gran fuerza, y principalmente en las obras que han de oponer una gran resistencia á la presion; y entonces es cuando se necesita poner gran cuidado en la eleccion de la piedra, que debe ser de buena y durable calidad, y libre de hendiduras ó grietas, bien sean estas naturales ó bien accidentales. Debe ponerse igualmente gran cuidado en formar las juntas ó los lechos de modo que las piedras no descansen parcialmente, sino que vayan bien asentadas en toda su superficie. Sobre este particular habrá que hacer una advertencia al jóven ingeniero. No hay dificultad en dar á una hilada de piedras una superficie perfectamente lisa y llana si para esto se tiene el debido cuidado en los momentos de labrarlas; pero al tiempo de colocar la otra hilada que se sigue á esta, los operarios no se curan de formar los lados inferiores de los lechos que han de suceder á aquellos perfectamente llanos, ni en ángulos rectos con el lado de la piedra que ha de formar la cara exterior, sino que por lo regular continúa la direccion rectangular hasta una ó dos pulgadas inmediato á la superficie, dándole luego á lo restante del lecho una direccion angular tal como la que representa la figura 49, en la que *a, b*, es la superficie plana superior de una hilada de piedras ya asentadas y *cd* el lecho de una de las piedras que ha de ir asentada sobre aquella, el cual en vez de ser como corresponde, esto es, fijo y plano en direccion de la línea *ae*, tiene una inclinacion hácia *d* y solo está en contacto perfecto en una ó dos pulgadas entre *c* y *a*, dejando un espacio angular *dce* de alguna consideracion entre las dos piedras *ge* y *fd*, el cual se ha de rellenar con mezcla ó sostener la piedra con ripios ó cuñas de hierro en los puntos *d* y *e*, y por este medio poner su cara exterior *fc*, en línea recta con la de *a*. Este modo de *bloquear* las piedras, término técnico que se dá á esta operacion, es muy comun en la práctica, pero debe desterrarse en los casos en que la obra que se ejecute haya de sostener un gran peso. Dá al frente de la obra un aspecto regular y aseado, pero no hay que buscar solidez, pues toda la presion superior gravita sobre las juntas estrechas y sobre las cuñas y la mezcla, en lugar de gravitar sobre el cuerpo principal de la piedra; por consiguiente las cuñas (si son de piedra) se desmoronan ó reducen á polvo, y las esquinas de la junta, cediendo en los puntos *c, a*, causan desigualdades perjudiciales á la obra, que destruyen su hermosura y regularidad, y aun su fuerza se altera. Este método angular de unir las

piedras es admitido en las juntas verticales, dado que los espacios que estas formen sean pequeños, pero siempre convendrá evitarlos y jamás permitirse en las juntas horizontales. La fractura de los cantos ó bordes agudos llamadas en la albañilería esquinas, se precave dándoles un corte horizontal, y á veces tambien de 45° á cada uno de estos ángulos ó esquinas, como se manifiesta en *ghi* (figura 49), y entonces se les dá el nombre de juntas *rústicas.*

Falta hablar de algunos otros particulares que tienen relacion con las obras de piedra, pero como pertenecen á la clase de albañilería, que á continuacion se expresa, se insertan por lo tanto y con mas propiedad en aquel lugar.

425. La cantería de piedras toscas de dimensiones desiguales es la tercera y última clase que falta por describir, y aunque esta no sea la mejor y mas esencial, se recurre á ella con mas frecuencia que á otra cualquiera, por ser barata y por ofrecer á la vista la misma simetría y hermosura que las de piedra de sillería, aunque aquella no sea de tanta duracion y firmeza como esta: en realidad viene á ser una obra de ladrillo ó mampostería encajonada ó taraceada con piedra franca labrada, apareciendo á la vista un edificio de piedra de sillería.

426. Se aumenta ó disminuye el mérito de la cantería tosca, segun mas ó menos se acerque en apariencia y solidez á la que se ejecuta con piedra de sillería. Fórmase construyendo un muro comun de ladrillo ó mampostería, cubriéndolo seguidamente con piedra franca labrada, bien sea por todos lados, ó bien por aquel que está expuesto á la vista; de modo que si se trata de fabricar una casa de cantería tosca, solo se cubrirán con piedra las superficies exteriores de los muros, pues que el interior se ha de repellar y sacar á plana si no se cubre de otro modo.

427. La cantería tosca no tiene grueso determinado; en consecuencia este se deja al arbitrio del constructor, mas se establece por regla general que las piedras que hayan de formar las caras no deben tener menos de 6 pulgadas de grueso; generalmente varían de 6 á 8 y hasta 9 pulgadas, y deben tener de 2 á 3 piés de largo y de 9 á 12 pulgadas de alto. El frente y los cuatro lados, esto es, la parte superior, la inferior y los dos lados de cada piedra, han de ser perfectamente cortados y escuadreados, de modo que puedan quedar bien ajustados unos á otros, pero la parte interior puede dejarse áspera y desigual, particularmente si el muro que se ha de cubrir es de mampostería; pero si fuere de ladrillo, entonces se de-

jará á la piedra por aquella parte una superficie llana. Algunos albañiles son de opinion que es mas ventajoso hacer las caras de la espalda ó interiores de las piedras angular en vez de la paralela á la exterior que comunmente se las dá, con el objeto de que las partes posteriores se afiancen en cierto modo á la obra mamposteada, ó bien por los lados de cada piedra, en lugar de estar solo pegada ó adosada por dichos lados interiores.

428. Para construir un muro de cantería tosca debe procederse primero á la colocacion de las piedras que han de servir para el paramento, cuya operacion se efectúa asentándolas sobre mezcla con escrupuloso cuidado, y para lo cual servirá la cuerda ó tendel y el nivel; se pasa despues á formar el respaldo, lo que se ejecuta construyendo un muro de ladrillo ó mampostería en contacto é inmediatamente detrás de las piedras del paramento, cuidando al mismo tiempo de poner mezcla entre estas y aquel. El muro se prosigue horizontalmente hasta que llegue á la altura del primer lecho de piedras; por consiguiente, si el muro mamposteado fuere de ladrillo, la altura de las piedras del paramento deberá concordar exactamente con la que formare un cierto número de ladrillos puestos unos sobre otros, unos tres ó cuatro por ejemplo. Despues de construida esta parte del muro á nivel ó á una misma altura, se coloca la segunda hilada de las piedras de paramento sobre la primera; y hecho esto se introducen, colocándose á intervalos de 3 á 4 piés, algunas piedras que atraviesen el muro. Ya se ha hablado de estas piedras en otro lugar (§. 418) y se dijo que alcanzaban de lado á lado, pero esto no se hace preciso á menos de que el muro interior sea de mampostería; mas cuando es de ladrillo se emplean otras piedras de enlace ó de cola, que son por lo regular de 9 pulgadas mas largas que el grueso de las piedras de paramento, de modo que presentan un extremo en la superficie del muro, mientras el otro se introduce hasta la distancia de 9 pulgadas en el muro de ladrillo, y de este modo lo sujeta impidiendo la separacion que pudiera ocurrir entre este y las piedras del paramento. Para que esto produzca mejor efecto se procura que el lecho ó parte inferior de las piedras de cola esté en contacto ó muy cerca de este, con la cara superior de la piedra sobre la que descansa; de modo que solo admita una tonga de mezcla muy delgada. De este modo se continuará construyendo hasta la altura que se propone, no olvidando colocar en los intervalos convenientes las referidas piedras de enlace en las hiladas alternativamente, segun el grueso del muro y la fuerza ó resistencia que quiera dársele.

429. En las fábricas de piedra labrada la porcion de mezcla que se emplea en las juntas es siempre muy corta, en tal grado que las piedras casi estan en contacto unas con otras. Esto no podria efectuarse si en esta operacion se empleara la mezcla comun á causa de lo basto de las partes que la componen; por este motivo los albañiles usan una mezcla á que dan el nombre de *zulaque de agua* ó mezcla fina: esta es lo mismo que la otra mezcla, con la diferencia de que la cal suelta se cierne por un cedazo fino de alambre, como asimismo la arena, que ha de ser de la calidad silícea mas pura: úsase esta en menor porcion, y aun algunos albañiles la destierran del todo. Esta mezcla se hace en estos casos mas blanda ó mas flúida que la que se emplea en las obras de ladrillo, y la camada no debe exceder $\frac{1}{8}$ de pulgada de grueso despues de colocada la piedra. En Glasgow, y en otras partes de Escocia, las piedras de cantería labrada se asientan con zulaque de aceite, tal como la masilla generalmente usada para sujetar los cristales en las vidrieras: se hace con arcilla reducida á polvos muy finos amasados con aceite de linaza. Apenas se perciben las juntas hechas con este material en un edificio recientemente acabado, porque la piedra absorbe el aceite y aquellas adquieren un color oscuro y súcio, pero que en pocos meses se desvanece y hace una junta duradera de mucha resistencia.

430. No obstante ser la cantería tosca la mas generalmente usada, no por esto se necesitan argumentos para probar que sea este el peor método de construir y el mas dificil en su ejecucion, si se carece de una gran experiencia adquirida por años de práctica, que es en lo que consiste el buen éxito de la obra. Todo muro que se construye dándole una elevacion considerable, experimenta algun movimiento como descenso ó hundimiento, que debe atribuirse á que estando fresca la mezcla cede al gran peso que gravita sobre ella, principalmente aquella que por la parte inferior forma las juntas horizontales; y este descenso es mayor ó menor en proporcion al número de juntas de que consta el muro. Ahora bien, las caras de las piedras no solo tienen menos porcion de mezcla en sus juntas, sino que estas son mas unidas y aquella mas pequeña que las de la obra interior, bien sea de mampostería ó bien de ladrillo; las caras, pues, sufrirán muy poca ó ninguna alteracion, mientras que el respaldo descenderá considerablemente: de aquí la

tendencia á separarse ambos lados del muro, pues una gran parte del peso se trasfiere á los extremos salientes de las piedras de cola, que algunas veces las parte y otras las hace que suspendan ó separen las juntas de las caras, y á menudo las impulsa hácia afuera haciéndolas perder su correspondiente posicion perpendicular. Para esta clase de obra se necesita, pues, destreza y experiencia para mantener las partes en una perfecta union. El albañil experto sabe el asiento que poco mas ó menos puede tener su obra; y consiguientemente tendrá cuidado que el respaldo quede siempre algo mas elevado que el paramento, y aunque al principio aparezca defectuosa la parte superior del muro, sin embargo, vendrá á quedar en su nivel despues de concluida la obra; tambien debe tenerse cuidado de poner gruesas camadas de mezcla sobre las piedras de cola, para que en caso de hacer descenso la obra no caiga directamente sobre ellas. Por mucho cuidado y escrupulosidad que se tenga en la construccion de un muro de esta clase, nunca es tan bueno como otro formado con piedras de igual tamaño y de materiales homogéneos, cuyas juntas horizontales atraviesen por toda la obra y en todas direcciones, y las verticales compongan un número igual por todas las partes del muro.

431. Se hará otra advertencia de grande consideracion, la que de ningun modo deberá desatenderse en la albañilería en general, sea con mampostería, sillería ó en bruto; tal es que toda piedra debe colocarse en la obra en la misma disposicion en que se formó, ó se hallaba en la cantera. Para aquellos que no están acostumbrados á inspeccionar las piedras, puede parecer impracticable determinar el lado inferior ó superior de una piedra despues de haberse conducido de la cantera y labrado en la forma correspondiente; mas al albañil experimentado le es fácil esta solucion, y mas si dicha piedra ha estado mucho tiempo expuesta al aire y á la lluvia; pues si se observan entonces las piedras con atencion, se verá que unas mas, otras menos, todas se componen de capas ó láminas en las que debe fijarse la atencion para el modo de servirse de ellas. Si la piedra no muestra estas señales, el dueño de cantera que sabe su obligacion coloca siempre una marca particular en la parte de arriba. No es de escrupulosa necesidad colocar la piedra sobre el lecho que naturalmente asentaba en la cantera: surtiria el mismo efecto si este se invirtiera completamente; pero ninguna piedra debe colocarse en ángulos rectos á su posicion natural, porque si se compone de muchas láminas, en el primer

caso no podrán separarse las unas de las otras obrando el peso paralelamente y obligándolas á ponerse en mayor contacto; pero si estas láminas están en direccion de la presion, no dejarán con el tiempo de desprenderse, y con mayor motivo si las piedras están expuestas á la intemperie. Esta circunstancia se desatendió en la construccion del puente Blackfriar de Lóndres, y los efectos son bien palpables, pues se ve en el invierno que despues de una helada, las piedras se parten y hacen astillas, siendo esto causa de un trabajo contínuo y de grandes gastos originados en su reparacion.

432. Muy poco mas puede decirse sobre las construcciones de piedra, porque las operaciones son tan sencillas que no necesitan explicacion: se requiere la resistencia en los aparejos, combinada con la mayor delicadeza y limpieza para que quede la obra perfecta: ademas quedan algunas observaciones que hacer sobre el órden de colocar las piedras y asegurarlas en su posicion. Despues de dar á las piedras sus dimensiones y forma rectangular con una sierra de cantero, se concluyen de labrar con cinceles de acero de diferentes formas: cualesquiera letras, molduras ó adornos que se quieran esculpir en ellas, han de trazarse primero en sus superficies despues de alisadas, con greda dura y negra, y en seguida se van esculpiendo con taladros de varias clases, escofinas y limas, lo que concluido se frotan las partes planas de la piedra con una pieza de esta, tambien plana, y si hay molduras con un pedazo de la misma piedra de figura semejante ó correspondiente á aquella en que se ha vaciado, para lo cual se emplea el agua y una poca de arena muy fina, que destruye ó borra cualquiera imperfeccion que les haya quedado, y produce una superficie regular y llana. Si se quiere pulimentar la obra, á este roce han de seguir otros frotadores de madera blanda; y finalmente se frotan con piel de búfalo untados antes con polvos de pulimentar, tales como los de esmeril, piedra pomez, greda, potea de pulir &c. Mas por lo comun, las piedras se dejan con lo que llaman la superficie rozada ó frotada, y en algunas ocasiones despues de labradas lisas y llanas sin frotarlas, se cincelan, esto es, se recorre toda la superficie de la piedra con un instrumento semejante á una gubia, con el que se forman canales ó surcos de muy poca profundidad y como de tres octavos de pulgada de ancho, paralelos unos á otros. Esto se hace al gusto de cada uno, pues para algunos es mas hermosa una superficie cincelada que otra lisa y llana; pero el caso es que dichos surcos

sean de tan poca profundidad, que á distancia de tres á cuatro varas de la piedra sea imposible distinguirlos, á menos que la luz no dé sobre ellos oblícuamente.

433. Una vez labrada la piedra, se ha de manejar con mucho tiento y delicadeza, de modo que ninguna de las esquinas ó angulos se rompa ó astille. Para precaver este mal, se empleará una clavija (§. 19), y colocándola sobre trozos se suspenderá por medio de un moton colocado en un aparejo hasta que pueda caber una carretilla de mano por debajo: entonces se lleva á su lugar y se vá arriando por grados, y vuelve á suspenderse por medio de otro aparejo colocado encima del muro, y justamente en el mismo lugar donde ha de sentarse, que está preparado con mezcla ó con zulaque. Se suspende á la altura de 4 ó 5 pulgadas sobre el punto que ha de ocupar, de modo que dé lugar para extender la mezcla por medio de una fija, hecho lo cual, tres ó cuatro obreros sujetan la piedra por los cuatro ángulos á fin de sostenerla en su posicion vertical, mientras que los operarios que tienen la cuerda la aflojan y van arriando con tiento hasta dejar la piedra asentada. Despues se la golpea algunas veces con un mazo pesado de madera, bien por un extremo para ponerla en un contacto lateral mas inmediato, ó bien por encima para que las juntas horizontales se unan mas. La mezcla supérflua que por la presion rebosa por las juntas, se separa, y despues que se quita y alisa aquella parte con la punta de una trulla, queda ya asentada la piedra. Si se trasporta esta desde su primera posicion en un carreton tirado por caballos, entonces debe colocarse en una cama de paja y lienzos de sacos usados ó esteras para precaverla de algun daño que pudiere recibir; pero las parihuelas son mas seguras y propias para el efecto siempre que la piedra que se ha de conducir no sea muy pesada. Las parihuelas no tienen ruedas, pues solo vienen á ser dos barras de madera paralelas, distantes cerca de tres piés una de otra con una plataforma ó tablero para recibir las piedras. Se necesitan para manejarlas dos hombres que caminan por la parte de adentro de las barras, y cuando las cargas son muy pesadas se requieren cuatro, uno á cada extremo de dichas barras, y hasta seis pueden ejercitar sus fuerzas, pues cuatro pueden caminar por la parte de afuera y dos por la de adentro.

434. Mr. Smeaton, en la relacion que publicó, hablando de las operaciones y progresos hechos mientras duró la fábrica y construccion de la torre-fanal de Eddystone, dá la descripcion de unos

excelentes aparejos ó tijeras adaptadas solo para suspender y colocar piedras pesadas, lo que se ejecutaba de un modo admirable. Consisten aquellas en tres piezas de madera dispuestas del modo que se manifiesta en la figura 50: la pieza en que descansa, marcada con la letra h, es rectangular y puede tener de 12 á 15 piés de largo, y deberá ser entera y sólida. La tijera consta de dos barras solamente ii, redondas y rematando en punta de todo el largo que convenientemente puede dárseles, v. gr. de 18 á 30 piés. Sus extremos inferiores estan sujetos á la pieza en que descansa h, con dos fuertes anillos ó argollas que tienen la holgura necesaria para poderse mover á uno y otro lado, mientras que los extremos opuestos estan unidos y sujetos por un pasador ó perno de mucha resistencia k que los atraviesa y sirve á la vez para sostener los motones l; por el moton superior pasa una cuerda que desciende próxima á una de las barras, y en direccion del punto m, que es un moton puesto de firme en la pieza h y por donde la cuerda pasa tambien, y en el cabo de esta cuerda es en donde los operarios deben emplear la fuerza, bien, inmediata ó por medio de otro cualquier agente si los cuerpos son muy pesados. El punto céntrico de la pieza horizontal h, está señalado sobre la superficie, y es el punto donde debe caer el moton inferior cuando la pieza h este bien nivelada. Para servirse de este aparato, el fondo ó pieza de base h se coloca bien nivelada sobre un terreno firme, y si este es movedizo y de poca resistencia se acomoda sobre baraderos de madera ó embarengados: las barras se mantienen en su posicion vertical ú otra que sea necesario darles por dos juegos de motones con sus cuerdas correspondientes, que han de tirar en direcciones opuestas, y en ángulos rectos en direccion del largo de la pieza h, como mejor se podrá ver en la figura 51, que representa una perspectiva de la máquina dispuesta para servirse de ella. Los motones de retencion están sujetos unos á las cabezas de las barras, y los otros, bien sea en fuertes estacas clavadas en la tierra ó bien en troncos de árboles, en alguna parte de un edificio, ó en otro objeto que prometa estabilidad. Cuando se quiera dar inclinacion á las tijeras á uno ú otro lado, se afloja el aparejo n, y se tira del que está colocado en o, como se ve en la figura, continuando dándole inclinacion hasta que el motón p quede pendiente inmediatamente sobre la piedra r, que ha de suspenderse, y que ya enganchada podrá alzarse del suelo y elevarse á la altura que convenga por medio de los motones principales y aparejo pq. Hecho esto, la cuer-

da de retencion del aparejo o, se afloja, mientras que se tira de la correspondiente á n, de modo que los extremos de la tijera del aparejo se ponen primero en una posicion vertical, y despues se los vuelve ó inclina hácia el lado opuesto, como se demuestra por las líneas de puntos $g'g'$; entonces las fuerzas que sostienen se trasfieren á la cuerda de retencion o, siendo ahora inútil n: de este modo puede trasportarse una piedra desde el lugar donde se hubiere labrado inmediatamente sobre el punto s, en que ha de ir colocada en la obra, sin quitarla del moton que primero sirvió para suspenderla y sin necesidad de carretillas de mano ó parihuelas ni otro trabajo cualquiera. Para conseguir la buena colocacion de una piedra en el lugar que le corresponda por medio de esta máquina, se tirará una línea desde el centro de la piedra que se ha de suspender, hácia el punto que quede perpendicularmente debajo del centro del lugar en que aquella se ha de asentar, y se moverá la pieza h hasta que la central marcada con la letra t caiga debajo de aquella línea y el largo de dicha pieza forme con ella ángulos rectos: la pieza fundamental se asegurará, en esta posicion por medio de estacas que se clavarán en tierra en derredor de ella, y entonces las partes superiores del aparejo, al moverlo, describirán el arco de círculo $v\,v'$, cuyo plano pasará por el centro de la piedra y por el del lecho ó lugar que esta haya de ocupar.

435. Otra máquina algo parecida á esta en principios, pero de distinta construccion, está muy en uso en Filadelfia y ciudades del Norte para suspender en las fábricas cuerpos pesados. La pieza de abajo, marcada con la letra h (figura 50), es rectangular, pero no tan larga como la anterior; por la parte inferior tiene varias pequeñas ruedas, pero muy fuertes, de hierro colado, con el objeto de poderla mover mas fácilmente sobre una plancha que descansa sobre la tierra, en la cual hay ciertas canales para recibir las ruedas, por cuyo medio se impide que estas se resbalen ó salgan fuera. Las barras de estas son mas largas que las de aquella: se colocan mas juntas y estan casi paralelas, y unidas en toda su altura por escalones, en tal conformidad que forman una escalera. Por esta causa no están unidas por las cabezas, y sus extremos inferiores están embutidos y sujetos de firme en la pieza fundamental h. Cuando esta máquina se coloca en su lugar, se acuñan las ruedas para impedir cualquier movimiento lateral, y se mantienen en su posicion casi perpendicular por medio de cuerdas de retencion y aparejos como en la precedente; y si bien no hay la posibilidad

del paso de las piedras por entre las barras, á causa de la proximidad de estas y de los escalones que las unen, es sin embargo muy útil esta máquina para suspender las piedras que se colocan en los muros.

436. Para dar á un muro una vista hermosa y regular, debe procurarse que las piedras que hubieren de servir en su construccion sean todo lo mas iguales que fuere posible en color y dimensiones; mas como las piedras iguales son difíciles de conseguirse, debe adoptarse un arreglo que produzca simetría, de modo que si las hiladas no son todas de un mismo alto, las mayores se colocan en la base, y así sucesivamente se van colocando hasta la conclusion de la obra. Entre los antiguos se consideraba la igualdad de las hiladas como la única cosa que podia dar á los edificios un aspecto hermoso, y segun Vitrubio, á este arreglo daban el nombre de *isodomum*. No puede admitirse variacion alguna en el alto de cada hilada, pero sí hiladas de distintas alturas alternativamente y en órden sucesivo: á esto llamaban *pseudiso domum*, y causaba muy buen efecto. Mucho cuidado debe ponerse en formar las juntas verticales, porque ninguna debe estar en contacto inmediato con otra, y sí en el mismo plano vertical de la de la hilada subsiguiente, y así de las demas. Esto fácilmente se consigue si todas las piedras son de un mismo largo como en la figura 52, pues en este caso las juntas verticales caen directamente en medio de las piedras de la parte inferior y superior de cada una, si al principiar cada segunda hilada se emplean piedras de la mitad del largo. Si las piedras de este modo dispuestas no son de bastante magnitud para atravesar el muro y fuese necesario formar dos líneas, sería este un mal modo de distribuir los materiales, porque existiria una junta recta vertical entre ambas caras ó paramentos del muro sin nada que las enlace y mantenga unidas, y por consiguiente está expuesto á dividirse longitudinalmente. Para evitar este daño, deben introducirse con frecuencia piedras de enlace ó *pasantes* á que llama Vitrubio *diatonos*, ó al menos *á cola ó tizon* que casi atraviesen el muro, y esto se ejecuta colocando una piedra con el largo en la direccion del muro, ó á soga, y la otra al traves de este ó de *tizon* como se representa en la figura 53. Cuando una piedra presenta su lado pequeño á la superficie de un muro, se dice que está de *cabeza*, y á la piedra misma se llama *cabecera;* cuando presenta todo su largo *ajustadora*, y por esto se llama á esta clase de obra de *cabecera* y *ajustadora*, ó *á soga* y *tizon.*

★

437. Los antiguos usaban mucho de una disposicion de juntas que jamás se ha adoptado en las obras modernas, y de la que Vitrubio habla como presentando la mas hermosa apariencia. En ella todas las piedras son cuadradas y uniformes, y las juntas de las caras en vez de estar horizontales ó verticales estan inclinadas formando ángulos de 45° con el horizonte, y solo quedan á nivel las juntas trasversales. Esto dá una apariencia de obra de malla á la fachada de la obra, por lo que los Romanos la llamaron *de tejido de malla*. Véase una muestra de ella en la figura 54; mas no tiene ni una sola buena cualidad que la recomiende, por cuyo motivo se ha desterrado su uso. El *emplecton* de los Romanos es un muro de construccion muy parecido á la cantería tosca moderna, con la diferencia de que en aquel los dos paramentos quedaban labrados en lugar de verificarlo por un solo lado del muro ó paramento, y el centro se rellenaba con mampostería. Los muros del célebre Panteon de Roma ofrecen un ejemplo hermoso de esta clase de trabajo. El emplecton de los Griegos era al contrario todo de piedra sólida; y en él no se veia mampostería alguna, pues el rehincho del centro se componia de piedras cuadradas arregladas de tal modo, que resultaban sin disputa alguna los muros mas sólidos y de mayor duracion.

438. Con el objeto de dar mayor seguridad á los muros de cantería, acostumbraban los antiguos, así como siguen haciéndolo los modernos, á usar ligazones ó enlaces de metal, para sujetar ó mantener unidas las piedras unas con otras; llámanse á dichas piezas *grapas, garfios ó lañas*. Se les dá diferentes formas segun el objeto ó lugar á que se las destine, y se distinguen por los nombres de grapas *de cola de milano ó de pato, de codillo ó talon* y *de cadena*. La grapa de uña se emplea para enlazar las piedras de las caras de cantería tosca ó de dimensiones desiguales, y asegurarlas en sus posiciones verticales. Se usan á menudo para el mismo efecto en las juntas horizontales para impedir que las piedras se deslicen ó muevan de sus puestos, y evitar de este modo cualquiera fealdad que pudiera aparecer en las caras ya concluidas. La grapa de uña viene á ser una pieza redonda ó cabilla de hierro de $\frac{1}{2}$ á 3 pulgadas de diámetro, y de 1 hasta 12 de largo segun el grueso y tamaño de las piedras que se emplean: se introducen por sus extremos hasta la mitad de su largo en dos agujeros hechos de antemano en las caras de las piedras contiguas, y en frente el uno del otro, de modo que si se supone que la figura 52 es un trozo de

obra de cantería tosca, en vez de labrada y sólida, *v*, *v* mostrarán la disposicion de las grapas en las juntas verticales, y *x*, *x* serán las de las hiladas horizontales: *w*, *w* son dos de estas grapas que han de introducirse en el lecho ó parte inferior de una de las piedras que han de formar la hilada que sigue ó se ha de asentar. Los agujeros que han de recibir las grapas, han de ser muy poco mayores que las juntas que han de introducirse en ellos, lo bastante para impedirles todo movimiento; en trabajos ligeros ó sencillos se emplea el yeso ó estuco flúido para fijarlas, mas en las obras de gran magnitud se usa en vez de estos materiales el plomo derretido. Cuando hubiere de hacerse esta operacion se forma una estrecha canal entre las caras de las piedras que han de ir contiguas, y al extremo de esta canal se coloca una especie de copa ó embudo hecho de barro húmedo para que reciba el plomo derretido del cucharon. Esta canal debe llevar una direccion perpendicular ú oblícua hácia la parte posterior, de manera que pueda ocultarse cuando se concluya la obra. Las piedras que van engrapadas de esta suerte jamás se separan ni pierden su posicion, á menos que no se rompan por algun lado.

439. En la figura 55 se manifiesta la grapa de cola de milano ó pato *v*. Esta puede hacerse de hierro forjado ó fundido, y viene á ser una plancha que varía de dimensiones segun sea la resistencia que se le quiera dar: el nombre que lleva lo debe á extenderse hácia sus extremos y tener la misma figura que la cola del animal á que se refiere. Fórmase una cavidad en las piedras contiguas que corresponda exactamente al tamaño y figura de la grapa como *n*: embútese la mitad en una piedra y la otra en la inmediata de manera que penetre en las piedras mas abajo del grueso natural de la chapa; se asienta con plomo derretido, y queda por consiguiente oculta. La figura de la grapa de codillo ó talon está representada en *y*: esta no es otra cosa que una pieza cuadrada ó barra de hierro, que llaman los obreros *taponeada*, encorvada por los extremos, con el largo suficiente para hacerse firme á las dos piedras en que se introducen de la manera ya descrita, haciendo cavidades en las piedras con la capacidad necesaria, segun se ven señaladas con las líneas de puntos que están por debajo, y en donde se aseguran con plomo derretido. Estos dos últimos métodos de engrapar son los que mas comunmente se usan para enlazar las piedras con que se forman las albardillas de los muros, y son los que deben adoptarse para engrapar las corni-

sas de piedra. Empléanse las grapas en las obras que requieren gran solidez, como en los pilares y estribos de puentes, en las dovelas de los grandes arcos, y en toda obra externa que está expuesta á la intemperie. Úsase comunmente el hierro entre los modernos; mas los romanos que empleaban las grapas con la mayor profusion, se servian del bronce, cuyo material es de mayor duracion que el hierro y no está tan expuesto á oxidarse, siendo este uno de los mayores inconvenientes que puede ofrecerse en las obras expuestas á la intemperie; pues aunque duraran por mucho tiempo, el óxido de hierro descolora el agua llovediza que cae sobre ellas, formando manchas amarillas y morenas que en gran manera desfiguran la obra. En los sitios en que esto pueda suceder es mejor y mas conveniente emplear el bronce (§§. 193 y 287), y como todas las grapas se pueden fundir por una plantilla, su costo será muy corto, y se tendrá una seguridad en que todas salgan iguales, lo cual ahorraria mucho tiempo y trabajo al obrero empleado en formar las mortajas. Las grapas de cadena solo se usan en las obras para sujetar grandes masas, y se emplean á mas de las otras ya descritas. La cadena puede formarse del modo ordinario ó tambien con barras de hierro enlazadas por los extremos por medio de aros formados de las mismas barras, con collares ó prominencias unidas á cortos intervalos. Introdúcese toda en una cavidad préviamente formada en la superficie superior de las hiladas de piedras á que se aplica, de suerte que la obra quede como atada ó como si se dijera sujeta con arcos. Sir Christopher Wren empleó dos grapas de cadena bajo el arranque de la cúpula de la Catedral de S. Pablo en Lóndres, para resistir y distribuir la presion lateral de peso tan inmenso, pues esta cúpula tiene 145 piés ingleses ó 159 españoles de diámetro, y 240 ó 263 de alto desde su nacimiento hasta el remate de la gran linterna y cruz de piedra que la corona. Alguna vez cuando se requiere mayor solidez que la ordinaria, no solo se emplean estas grapas, sino que en vez de formar las piedras, por su figura, juntas planas unas con otras, se las dá una forma tal que sus lados se enlacen ó traben unos con otros. Cuando se adopta este órden de construccion, todas las piedras, despues de asentada la primera, deben colocarse en sus posiciones perpendicularmente, y ninguna fuerza lateral podrá moverlas, á menos que no sea de tal magnitud que rompa ó destroce algunas de las piedras que componen la hilada. Mr. Smeaton adoptó este método de unir las piedras en la cons-

truccion de la tan célebre torre-fanal de Eddystone que erigió desde Junio de 1757 á 1759. Elévase esta torre-fanal sobre una roca aislada situada en el Océano Atlántico hácia el S. S. O. de la importante ciudad de Plymouth, en Inglaterra, á 14 millas (4 leguas españolas) distante de ella. Es tan pequeña la roca que no se distingue á corta distancia, y tiene por todo su rededor 30 brazas de profundidad; así es que las embarcaciones en otro tiempo se estrellaban en ella antes de apercibirse del peligro. La situacion de esta roca, junto con su direccion inclinada por encima y por debajo del agua, es causa de que el mar la combata fuertemente, y á veces se verifica esto con tal extremo que se creyó imposible construir una torre-fanal permanente para avisar del peligro al marino. En 1696 se verificó el primer ensayo, y en cuatro años se concluyó. La fábrica era de piedra, de 88 piés de altura desde la roca, y fue Mr. Winstanley quien hizo el plano y dirigió la obra hasta su conclusion; era un gran mecánico, y despues de haber hecho varias alteraciones y mejoras en su obra, la consideró tan firme y consistente que se creyó que nada podria conmoverla. En las relaciones de esta fábrica extraordinaria, Mr. Winstanley dice, que en varias ocasiones vió subir las olas á mas de 100 piés mas arriba de la veleta con que remataba el fanal, y en la noche del 26 de Noviembre de 1703 desapareció en medio de un furioso huracan mientras se hallaban dentro Mr. Winstanley con muchos amigos y los obreros, y justamente en la tarde de su conclusion. No quedó señal ni apareció jamás resto alguno de ella, á excepcion de algunos fuertes enlaces de hierro que se fijaron en la roca para retener y sujetar la obra. De estos se separó el edificio, y se cree que el mar la arrancó en una sola pieza separándola de las ligaduras que la sujetaban á la roca. Muy poco despues se construyó una segunda torre-fanal, de la cual fue director Mr. Rudgero; consistia en un cono truncado cuya base tenia 25 piés, 7 pulgadas españolas de diámetro; su altura 100½ piés, y su diámetro superior 15 piés y 7 pulgadas. Esta nueva construccion era toda de madera, y ha sido muy encomiada por su resistencia, su buena construccion y lo ingenioso de su fábrica. Y en verdad debió estar muy bien arreglada, pues que duró cuarenta y seis años sin sufrir deterioro alguno; fue reducida á cenizas por un fuego originado de un descuido y falta de vigilancia con las velas de que entonces se hacia uso para producir la luz del fanal. Este accidente ocurrió en Diciembre de 1755, y en Junio de 1757

Mr. Smeaton dió principio á la torre que existe en el dia, la cual está conceptuada por jueces competentes como una obra maestra del arte del ingeniero, á lo menos en su clase. Mr. Smeaton llevaba un diario de sus juicios y operaciones mientras duró esta tan dificultosa como perfecta obra, dándose al público despues de su muerte en un gran tomo en folio adornado con muchas láminas. Encuéntrase en esta obra una relacion minuciosa de los progresos del trabajo, y las dificultades que hubo que vencer estan detalladas con tanta detencion y de tal modo que interesan al ingeniero práctico, brindándole á la vez utilidad y provecho. Esta obra es escasa y costosa, pero puede encontrarse en muchas librerías (*), y se recomienda muy particularmente su lectura á aquellos que tienen facilidad de proporcionársela. La planta de la torre-fanal de Eddystone es circular; cilíndrica por la parte superior, y vá en aumento hácia la inferior formando un conóide parabólico. Dice Mr. Smeaton que tomó la idea para darle esta forma, de la figura que adquieren los troncos de los robles cuando envejecen, los cuales oponen tan gran resistencia á los vientos fuertes, á pesar de la magnitud de la superficie que exponen á sus efectos. Debiendo ocupar el edificio casi toda la superficie de la roca y estando parte de esta en declive, lo primero que habia que hacer era convertir esta pendiente en escalones, maniobra que en parte se efectuó en la construccion de las torres antecedentes. Los escalones habian de servir de cimientos á las hiladas de piedras que debian colocarse en ellos en forma de segmentos de círculos, cada una de los cuales se aproximaba mas y mas al completo de un círculo, en tal conformidad, que á las siete hiladas de segmentos sucesivos, se consiguió formar un cimiento general nivelado. Despues de este todas las demas hiladas formában círculos completos. Continuóse en este órden la obra de cantería hasta la altura de 38 piés 7 pulgadas sobre su base, con 14 hiladas de piedra que por cálculo aproximado tenian de diámetro 24 piés en el punto medio de esta altura. Estas hiladas no solo se asentaban sobre buena mezcla, sino que se les impedia el movimiento por medio de ocho fuertes grapas perpendiculares de las llamadas de uña, hechas de mármol de la calidad mas dura, las que se introducian á $\frac{1}{3}$ del radio de la parte exterior, con mas

(*) *Mr. Smeaton journal of his thoughts and proceedings while carryng on the building of Eddystone light house.*

otra mayor en el centro; y ademas de ir las piedras engrapadas de este modo, tambien se dió á cada una de las que formaban las hiladas la figura de cola de pato, de manera que iban trabadas unas con otras como se ve en la figura 56, y en tal conformidad que no podian separarse. Cada hilada estaba de tal suerte enlazada ó entretegida en rededor de su direccion horizontal, que el serpenteo de las juntas del rádio de cada hilada cae sobre la piedra sólida que queda inmediatamente debajo de aquellas. Esta sólida obra tiene la altura que se creyó conveniente para hacerla superior á la ordinaria de las olas: la entrada está por la parte superior, y se asciende á ella por una escala movible. Se compone de cuatro divisiones ó departamentos, de los cuales sirven de almacenes los dos inferiores; síguese á ellos una cocina, y el mas alto hace las veces de dormitorio; sobre él está el fanal que viene á ser un aposento octógono de 11 piés de ancho, cerrado por gruesos cristales encajonados en hierro y cobre. A cada una de estas habitaciones la separa una bóveda ó techo de piedra, cuya parte superior plana forma el piso de la que queda inmediatamente por encima. En estas, como en todo el resto de la obra, se observa el mismo órden de enlazar y trabar las piedras, y para mayor firmeza se encastraron dos cadenas sin fin en las piedras que circundan los arranques de las bóvedas para resistir al empuje lateral. Esta corta noticia, no se ha dado seguramente con el objeto de encomiar aunque con justo motivo esta interesante y curiosa obra, y sí se ha introducido en este lugar para demostrar el cuidado y precauciones que deben tomarse en las construcciones de piedra, en los casos que quiera dárselas mucha firmeza y consistencia.

440. Uno de los casos en que se hace necesario y de mucha importancia el uso de la piedra, es en la construccion de los arcos de puentes y otros objetos de fuerza; pero ningun arco puede construirse sin que haya que ocurrir á las cerchas de madera que han de sostener los materiales mientras aquel se está formando, lo que en cierto modo enlaza esta materia con la carpintería: por esto y porque la construccion de los arcos envuelve otros principios muy diversos á los que se refieren á la fábrica de muros perpendiculares, se omitirá hablar de ellos en este lugar, y se dedicará un capítulo para considerarlos bajo los principios que rigen en la carpintería, cuando se trate de ella en el lugar correspondiente.

441. Las obras de sillería no solo se ejecutan de este material,

sino que tambien se emplea muy á menudo mezclado en corta cantidad en obras de ladrillo con el doble objeto de dar á estas mas consistencia y hermosura. Así es que en las fábricas mas vistosas de este material, los umbrales de las ventanas son de piedra labrada, así como los escalones de las entradas de las puertas, y frecuentemente se forma un zócalo ó base de piedra labrada de 2 á 3 piés de alto desde el terreno antes de la obra de ladrillo. Tambien se introducen al través de los muros exteriores de ladrillo, entre la parte superior é inferior de las ventanas, hiladas rectas horizontales de piedra lisa ó con labores de 6 á 9 pulgadas de ancho, á las que se dá el nombre de hiladas *de cordon* para evitar la *monoscópia* de apariencia. Los medios puntos ó arcos circulares de ladrillo se levantan por lo regular sobre impostas ó partes horizontales de piedra; tambien se emplean y colocan en su centro las claves igualmente de piedra. No menos comunes son las pilastras y cornisas de piedra, y todo muro bien acabado ha de ir cubierto con losas largas de piedra de 4 pulgadas mas anchas que el grueso de aquel, de modo que sobresalgan 2 pulgadas por cada lado y lo guarezcan de la lluvia. En todos estos casos (excepto en los escalones) el paramento de la piedra debe sobresalir de 1 á 2 pulgadas al paramento de la obra de ladrillo si se quiere que produzca buen efecto. La parte superior de la superficie saliente no debe allanarse, sino que se corta el ángulo al sesgo y con direccion hácia abajo para que el agua corra con facilidad: á la piedra que se le hace esta operacion llaman *en gotera*. A la parte llana inferior de estas piedras salientes, debe formárseles una canal poco profunda á distancia de $\frac{1}{2}$ pulgada del lado del frente, para impedir que el agua que queda pendiente de la orilla inferior se escurra por ella y se introduzca en el muro. A esta canal se dá el nombre de *garganta ó gola*, y á la piedra que se dá este corte llaman garganteada: á todas las piedras que sirven de albardilla, se les dá este corte por ambos cantos. Las piedras de albardillas en obras comunes deben ser de piedra laminosa, tal como las losas de Yorkshire, ó la piedra de North-river, y entonces la llaman *albardilla paralela*: debe labrarse con alguna pendiente para que arroje el agua fuera del frente de la casa del modo que sea mas conveniente. Las albardillas mejores se construyen con piedra franca aserrada, cortadas de tal modo que quede un canto mas grueso que el otro para el efecto explicado de arrojar el agua. Los parapetos ó muros laterales de los puentes se cubren

generalmente con albardillas que son una ó dos pulgadas mas gruesas por el centro que por ningun otro lado, de suerte que corre el agua por ambos costados, y á esta albardilla llaman *de lomo, de silla ó de caballete*.

La piedra de sillería no solamente se aplica á la construccion de muros en los cimientos y todo lo que se ha descrito, sino que tambien sirve para formar columnas y pilastras con sus capiteles y pedestales, para balaustradas de puentes y azoteas, para cornisas, molduras y otros muchos adornos; mas como esto pertenece á la arquitectura, y no al arte del ingeniero, lo pasaremos en silencio. Algunos términos y operaciones que ocurren en la albañilería y en las obras de ladrillo, se explicarán en la siguiente seccion que trata de esta materia.

De la medida de la cantería ó piedra labrada.

442. Si la piedra se compra ó trasporta por su peso, este debe calcularse muy escrupulosamente por las tablas de gravedades específicas (§. 411). Sin embargo, la piedra franca se vende generalmente por medida cúbica, y las piedras de enlosar por medida superficial, variando el precio segun la calidad y dimensiones de las piezas, puesto que de las piedras grandes, por el trabajo que cuesta para extraerlas de la cantera sin grietas ni hendiduras, vale el pié mucho mas caro que el de otras piezas mas pequeñas, aunque estas sean de la misma calidad. No obstante de venderse las losas por medida superficial, se extraen sin embargo de la cantera con las caras ásperas y desiguales, por lo que hay que escuadrearlas por medio de una sierra ó con un cincel, y con frecuencia labrar ó rozar sus lados superiores, y el valor de este trabajo se carga en cuenta en el cómputo de la medida superficial. Las piedras para albardillas é hiladas y toda aquella clase de piedra que tiene igual largo y labor y contiene la misma cantidad de material, se vende regularmente por piés, apreciándolos segun su calidad, el valor de la piedra y la labor que á esta se le haya hecho. Las canales que se forman en las piedras se pagan por piés, y los agujeros para colocar enverjados, cabillas y grapas á un tanto la docena ó por cada uno separadamente, debiendo el operario poner las herramientas. Las del albañil, tales como cinceles, cucharas, mazos, martillos y otros pequeños objetos, estan tan expuestos á perderse ó á menoscabarse, que será mas conveniente que se las proporcione el

operario; mas todos los utensilios de mayor tamaño, como las sierras, borriquetes, bancos, angarillas, tijeras, motones, aparejos &c., los facilita el maestro ó director, á quien corresponde pagar al herrero por la composicion ó arreglo que necesiten.

443. La cantería labrada ó sillería es una de las obras mas costosas, tanto por el peso del material en bruto, como por lo costoso del trasporte y los subidos jornales que hay que pagar á los operarios inteligentes y diestros que han de labrarlas, en cuya operacion invierten largo tiempo debido á la calidad y naturaleza de la piedra. Las piedras de mayor dureza, tales como el granito y la sienita, son por lo comun mas baratas que las piedras francas mas blandas, porque aquellas pueden extraerse de las canteras y dárseles allí casi la misma figura que han de llevar en la obra, por menor cantidad que pudiera hacerlo un albañil de la ciudad, labrando la misma porcion de material y de igual clase y calidad. Las piedras francas blandas se extraen de la cantera en forma de grandes piezas cuadradas, que luego se labran dándoles la figura que corresponde; se compran en la cantera como piedras cúbicas, segun las medidas marcadas que tengan y que indican sus dimensiones. Despues de conducidas al taller del albañil se asierran en piezas cuadradas, ó se forman piedras de paramentos ú otras de varias dimensiones, segun lo requiera la obra; y por el aserrío, que es muy moroso y pesado, se paga por medida superficial tomada por la cara que se asierra; llámase á este trabajo obra llana, y tambien se dá el mismo nombre á toda obra de superficie plana, bien sea ejecutada con la sierra ó el cincel, ó bien valiéndose de otros medios.

444. Los cantos ó esquinas de las piedras se disponen á menudo moldeadas para que sirvan de cornisas, arquitrabes y otros adornos y remates; entonces se les dá el nombre de molduras, y como estas no pueden trazarse en una superficie áspera y desigual, se ve obligado el artífice á proceder antes á la ejecucion de la obra plana y despues principia á moldurar, cuya operacion es un trabajo separado del primero y por consiguiente se paga aparte. Las molduras tambien se pagan por medida superficial, ó como llaman los artífices, por el cerco ó circunferencia. Para esto se fija el extremo de un hilo ó cordel fino en la parte superior ó inferior de la moldura, y trasversalmente se va introduciendo en las concavidades y forzándose en todas las canales estrechas y escopleaduras, estirándolo por las prominencias hasta llegar al

extremo opuesto; se retira despues el cordel, y la medida de este es el ancho superficial de la moldura, que multiplicada por su largo dá el total de las superficies que se han de cargar en cuenta. Cuando las molduras se encuentran en ángulos rectos, y son mitradas ó forman ángulos de 45°, el operario está autorizado al mayor precio, y no al ínfimo ni al medio.

445. Cuando las molduras se ejecutan en una piedra que ha de presentar una superficie plana con la moldura superior saliente, debe, como es claro, rebajarse á la superficie plana una porcion igual en profundidad á la salida de la moldura: á esta obra llaman *obra lisa rebajada*, y se avalúa segun el grueso ó profundidad que se haya rebajado á la piedra, ó segun las dificultades que se hubieren ofrecido en la ejecucion. Del mismo modo, cuando se introduce un entrepaño rodeado de una moldura en una superficie plana, al entrepaño se le dá el nombre de obra rebajada, y á la moldura obra moldurada, y se mide primero toda la superficie y avalúa como obra lisa.

446. Si se trata de construir una columna ó pilar de piedra, primero se computa el valor de la obra lisa que se ha de ejecutar en los seis lados de las piedras, pues que las partes superior é inferior de estas han de ir planas para que ajusten y vengan bien con las que quedan por arriba y por debajo; y como las juntas han de formar ángulos rectos con la parte exterior de la columna, ó al menos con su eje, dichas juntas no se podrán ejecutar con la escrupulosidad necesaria si no se alisan y allanan los lados rectos. Mas el albañil diestro y experimentado puede asentar y escuadrear estas juntas, con solo alisar y aplanar uno de los lados rectos, que es el órden en que generalmente se efectúa esta operacion. Sin embargo, por la costumbre se ha establecido la práctica de cargar en cuenta el importe de la obra lisa de los cuatro lados, y el operario siempre vá en la inteligencia de que se le ha de abonar. En toda columna ascendente, ó rematando en punta ó ligeramente cónica, que se destine á alguna obra, debe buscarse el centro de cada una de las piedras que la compongan, en los lados superior é inferior, y desde estos centros se describen círculos cuyas áreas correspondan á la parte que han de formar dichas piedras en la columna, hecho lo cual, todos los ángulos sólidos y demas partes en rededor de los círculos exteriores se cortan ó rebajan, y por esta operacion se les dá á las piedras una forma cilíndrica, á la que se dá el nombre de obra lisa

cilíndrica. Si la columna lleva un filete ú otro cualquier adorno saliente ó de realce, será entonces obra moldurada circular; y si estriada, las canales que forman las estrías la dan el nombre. Siendo, pues, las obras circulares mas difíciles de ejecutar que las planas, se pagan mas caras por este motivo. Esta diversidad de obras y precios son causa de la confusion que ocurre en la medida y avalúo de las obras bien acabadas, y en gran manera aumenta el costo de su ejecucion, puesto que primero hay que cubicar la piedra en bruto para calcular su importe y pagarlo; luego la obra lisa de su superficie, seguidamente la obra lisa rebajada, y á continuacion la obra moldurada, la circular &c., &c., de manera que hay que labrar las superficies una y otra vez, para darle las diversas formas, y cada una á precios distintos. El trabajo es fastidioso, mas la operacion es bien sencilla cuando se llega á comprender, pues se reduce á la simple cubicacion, y á cuadrar las dimensiones superficiales. Como quiera que el ingeniero se ocupará muy rara vez en medir y valuar columnas y obras arquitectónicas de lujo, bastará dar un solo ejemplo de un muro de piedra lisa para ilustrar la aplicacion á la práctica de los ya mencionados principios.

447. Se quiere, por ejemplo, medir y valuar una obra de cantería tosca de 12 piés de largo, 4 de alto y 6 pulgadas de grueso, en cuatro hiladas, y que conste de diez juntas rectas, sin piedras de empate ó tizones, de modo que la obra de cantería sea del mismo grueso en todas sus partes. Para determinar primeramente la cantidad de piedra, se cubican todas las piedras separadamente, ó lo que es mas fácil en este caso, todas las piedras pueden cubicarse á la vez, multiplicando el largo de 12 piés, por su altura de 4 piés, que hacen 48 piés superficiales, y este por 6 pulgadas, que dan 24 piés cúbicos de piedra: las piedras pequeñas ó cantería tosca, cuando son todas de una misma área, como se manifiesta en el ejemplo, se venden por lo comun por piés corrientes; por consiguiente las dimensiones y demas particulares pueden asentarse en el libro de medidas del modo que á continuacion se expresa.

Piés.	Pulg.				Ps. fs.	Cént.
4) 12	0	48	0	Corrientes de 6 pulgadas cantería tosca de 12 pulgadas ancho, á 48 centavos................	23	04
12	0					
4	0	48	0	Superficiales paramento liso, á 45 centavos....................	21	60
8) 12	0					
	6	48	0	Lechos. }		
10) 1	0	5	0	Juntas rectas. }		
	6					
		53	0	Lechos y juntas superficiales y llanas, á 30 centavos..........	15	90
					60	54

Por aquí se ve que 48 piés superficiales de esta clase de obra cuestan 60 pesos 54 centavos, segun los precios convenidos, ó si esta suma se divide por 48, demostrará que cada pié de esta clase de obras viene á costar 1 peso y 26 centavos.

448. Para que mejor se entienda este modo de anotar, debe tenerse presente que al medir cualquiera obra, el número que se coloca antes de una cantidad que esté separado de esta con un paréntesis, como en este caso con el 4 y los 12 piés ó pulgadas al principio del asiento ó apuntaciones precedentes, indica que la dimension que sigue se ha de repetir ó multiplicar otras tantas veces; en el ejemplo se suponen cuatro hiladas de piedra de 12 piés de largo cada una; así 12×4 dá toda la medida corriente ó longitudinal de la piedra empleada en la obra entera, ó 48 piés, que se asientan en la segunda columna, y se pasa una raya por debajo de las dos columnas de números, con lo cual se indica que no se ha de hacer mas cuenta con ellos.

La primera columna que se sigue á esta, consta de 12 piés con su multiplicador 4 piés colocado debajo de aquellos, y demuestra que 12 piés largo total, se multiplica por 4 piés alto to-

tal, cuyo producto es de 48, número de piés cuadrados ó superficiales de obra lisa que contiene el paramento ó frente del muro, y este producto tambien se incluye en la segunda columna, al cual se pasa una raya por debajo con el mismo objeto que la anterior.

Los 12 piés que indican el largo, vuelven de nuevo á asentarse con 6 por debajo como multiplicador, pues que las piedras tienen 6 pulgadas de grueso, y el producto es el área de la superficie lisa de una junta horizontal: mas como la obra consta de cuatro hiladas distintas, se han de añadir las superficies superior é inferior de cada hilada; por esta razon la cantidad vá precedida de 8), y con esto se demuestra que el producto de 12 piés por 6 pulgadas se ha de tomar 8 veces, lo cual dá por resultado 48 piés superficiales de lecho ó superficie horizontal, cuyo producto se coloca en la segunda columna, pasando igualmente una raya por debajo con el mismo fin que á las anteriores.

Ultimamente, 1 pié alto de una hilada se multiplica por 6 pulgadas grueso de las piedras, y como existen 10 juntas verticales así 10) se antepone á estos números para indicar que el producto de 1 pié por 6 pulgadas debe tomarse diez veces, que producen 5 piés en la segunda columna, y como las numeraciones 48 piés y 5 piés son ambas dimensiones de una misma especie, é iguales precios, estas se unen por una llave, y se suman y dan el resultado de 53 piés superficiales como suma total de las juntas horizontales y verticales de toda la obra.

449. Ahora bien, los precios que se han colocado al frente solo pueden determinarse con escrupulosidad, calculando el costo del material en bruto antes de servirse de él; añadiendo el trasporte y otros gastos accidentales, como asimismo los desperdicios que siempre se originan cuando hay que dividir una pieza de mayor tamaño en otras mas pequeñas; computando los jornales del obrero que ha de darles la debida forma; incluyendo el importe de los clavos, cola, tornillos, soldadura y demas materiales que se emplean, y por último, agregando al resultado total un tanto por 100 á beneficio del maestro, cuya cuota deberá ser la muy bastante para indemnizarle de las mermas, destruccion ó pérdidas de herramientas y útiles, costos de almacen y carbon, é interés del capital, si el crédito es sobre el trabajo: calcúlase esta gratificacion al 15 ó 20, y aun al 25 por 100 sobre el costo total de la obra; parece excesiva, y tal sería si toda fuese ganancia; mas si se

toma en consideracion que el maestro mecánico no carga en cuenta al que lo emplea estipendio alguno por las grandes dependencias que frecuentemente ocupa; por el fuego que emplea en varios usos; por las herramientas y útiles que tiene que facilitar, siendo algunos de ellos costosos, y que constantemente van menoscabándose, ó se rompen con el uso; que toma sobre sí gran responsabilidad y tiene que pagar á los operarios semanalmente, mientras él ha de esperar al vencimiento del año, y aun á mas para recibir su alcance, se verá, que lejos de ser excesiva esta cantidad, es al contrario muy moderada en algunos casos.

450. Por aquí podrá verse que el avalúo de una obra no es operacion tan fácil que pueda llevarse á efecto sin la experiencia y conocimientos necesarios de la naturaleza de la fábrica que haya de justipreciarse. Para auxilio del constructor é inspector en sus operaciones, se han publicado algunas obras con el título de libros de Precios del Constructor (*Builder's prize Books*), que son de bastante utilidad. Así es que en Lóndres y por sus alrededores, los constructores arreglan los precios por el libro de Crosby ó el de Taylor, los cuales se publican todos los años como los almanaques, y contienen los precios de todas las clases de obras y de todas las operaciones que respecto á fábricas se hicieron el año anterior, como asimismo los precios de los materiales, con muchas tablas y observaciones utilísimas al constructor, ingeniero y arquitecto. Una obra de esta naturaleza se acaba de publicar en Boston, titulada Tarifa ó libro de precios corrientes del constructor americano, por Gallier (*Gallier's american builders prize Book and estimator*), que está llena de observaciones y noticias útiles, y de tal importancia, que esta obra debe tenerla todo jóven ingeniero y arquitecto, tanto por este motivo como por la minuciosidad y precision con que en ella se detalla é indica el órden de medir y valuar todas las clases de obras y materiales, y tambien para adquirir y familiarizarse con la fraseologia técnica de toda especie de trabajo, cuyos nombres propios no se conseguiria encontrar en ningun otro libro. Sin embargo, no debe darse importancia á los precios señalados en estos libros, ni tampoco hacer uso de aquellos en parajes distantes, pues tales obras no pueden ser universales. Uno de estos libros de precios corrientes, publicado en Lóndres, Boston, ó en cualquiera otra ciudad, puede guiar para el precio fijo de las construcciones y de los materiales empleados en ellas, si se llevan á efecto en alguna de dichas ciudades ó sus alrededores; pero con frecuencia

sucede, que en menos de 100 millas de distancia, tanto el valor de los materiales como el de los jornales son por circunstancias locales enteramente diversos, y consecuentemente los precios deben ser igualmente diversos. Lóndres y Boston son ambos puertos de mar y ciudades populosas, donde hay abundancia de excelentes artífices, quienes por estar constantemente ocupados en unas mismas operaciones, adquieren agilidad y destreza que combinan con la perfeccion de las obras de diferentes especies. Asísteles tambien la ventaja de poderse facilitar buenas herramientas y máquinas; compran el material en bruto de primera mano á eleccion y competencia, y por consiguiente se hacen con él por precios ínfimos. La cantidad de dinero que bastaría á un artesano para subvenir á sus gastos en una de estas ciudades, apenas sería suficiente para proporcionarle el escaso y necesario alimento á otro de los del departamento interior de una misma provincia, si careciera de estas ventajas; pues aunque este pueda ejecutar el trabajo con la misma perfeccion que aquel, podia muy bien gastar doble tiempo en su formacion, y probablemente pagar mas caro su material. Por esto, cuando se quiera hacer uso de uno de los citados libros de precios fuera de la ciudad ó lugar á que se destina, se compara el precio de la labor y el de los materiales, y juntamente los sueldos y jornales establecidos en ellos con los vigentes en el lugar donde se intenta erigir la obra; y por esta operacion se verá lo que hay que sustraer ó aumentar á los precios dados en aquellos, y se obtienen los precios locales, cuyo método de computar por estos libros ofrece grandes ventajas y ahorra mucho trabajo.

451. El ejemplo que ya se dió para medir cantería bruta (§. 447) se extrajo del libro de medidas de Boston, por Gallier, página 22, y al que se vuelve á hacer referencia, porque al parecer hay en él una equivocacion en una de sus dimensiones, á menos que el método americano de medir obras de albañilería labrada sea distinto del inglés. Mas el que esto escribe no está bastantemente diestro en el modo de medir acostumbrado en este país, para poder decidir si lo expuesto por Mr. Gallier es correcto segun la costumbre del país, ó un error en que haya incurrido. Todas las dimensiones descienden rectas hácia las juntas verticales, que se expresan por 1 pié multiplicado por 6 pulgadas, y el producto repetido ó multiplicado diez veces, pues por la proposicion se establecen diez juntas verticales. Adviértase en la suma precedente que los lechos se repiten ocho veces, aunque solo hay cuatro hiladas de piedras, con lo que se demuestra que las partes superior é inferior de cada hilada de piedra se miden separadamente en la obra lisa, y por el sistema inglés esto mismo se ejecuta en las juntas verticales. Si existen tales diez juntas, esto indica que veinte superficies ó lados de piedras se han allanado y alisado, y á esto se agrega que si á los extremos del muro se les ha hecho esta misma operacion, estos extremos deben tambien contarse. Así, pues, refiriéndose á la figura 52, se verá que el muro que ella representa, consta de cuatro hiladas con diez juntas verticales, como se expresa en el ejemplo; mas estas diez juntas requieren veinte superficies planas, á lo que se agrega que existen ocho extremos planos en las hiladas; por consiguiente, segun el modo inglés de computar, el coeficiente ó multiplicador del área de una junta sería 28 en vez de 10 que se suponen en el ejemplo. Si los americanos llaman á cada junta vertical una cara de obra lisa solamente, esto reporta grandes ventajas á los dueños de obra.

SECCION II.

De las obras de ladrillo.

452. El modo de fabricar con ladrillos es tan parecido al que se emplea en las obras de piedra, que muchas de las observaciones hechas en la seccion anterior, pueden igualmente aplicarse á ambos materiales; y como esto tiene tambien relacion con las observaciones que van á hacerse sobre las obras de ladrillo, solo se empleará en adelante el término simple de *muro* para expresar cualquiera construccion que puede formarse indistintamente de uno ú otro material, así como las operaciones que hacen referencia á ellas y á cada una en su particular. Tanto la naturaleza del ladrillo como sus dimensiones y calidades se han descrito ya en otro lugar (§§. 27 y 43), y para emplearlo en las fábricas se prepara antes una superficie ó cimiento bien llano y nivelado en todas direcciones (*); se cubre

(*) Parece que en este lugar debieran hacerse algunas observaciones mas sobre la naturaleza de los cimientos; mas esta materia es de tan vasta importancia en toda clase de obras, que para tratar de ella se ha destinado una seccion por separado. *(Nota del Autor.)*

★

con mezcla si se quiere, y el ladrillo se coloca seguidamente por su lado ó superficie mas ancha superior é inferior, cuidando de aplicarles mezcla entre sus juntas verticales; mas la costumbre general al principiar un muro, es colocar los primeros ladrillos ó hilada fundamental en seco ó sin mezcla; hecho lo cual se asienta otra hilada de ladrillos sobre la primera, y á estas se llama *série ó hilada de obra de ladrillo.* Cada vez que se sienta una hilada se pone mezcla sobre una parte de la superficie superior para sentar en ella los ladrillos de la hilada que sigue á esta, y de este modo se prosigue la obra hasta su conclusion.

453. Todo ladrillo que se asienta á lo largo en direccion de la longitud del muro se llama *extendido* (nota 85), y aquellos que estan en direccion opuesta, ó que presentan sus extremos hácia los paramentos, se distinguen por *cabeceros*, ya esten visibles en las caras exteriores del muro, ó ya ocultos en este.

454. Llámanse hiladas *cabeceras* á las que se componen de ladrillos cabeceros, y *extendidas* á las otras que constan de ladrillos colocados á lo largo en direccion del muro. Todo muro de ladrillo debe principiarse con una hilada cabecera, con el objeto de que los ladrillos mas bajos queden de tal suerte cubiertos con el muro que les queda por encima, que no puedan deslizarse ó salirse fuera de su lugar.

455. Descríbense generalmente los muros de ladrillos, mas bien segun el número de los que componen su grueso, que por sus dimensiones en pulgadas; de modo que si se habla de un muro sencillo, se dice un muro de un ladrillo, ó medio muro de dos ladrillos &c.; y si el tamaño y grueso de los ladrillos está determinado, como sucede en Inglaterra (§. 26), esto indica de una vez el grueso del muro, y cuando se trata de ellos se dice, muros de 9, 14 y 18 pulgadas &c. Muros de 4 pulgadas llaman á aquellos que tienen medio ladrillo de grueso, ó se construyen con ladrillos enteros y que se sientan en la direccion de su largo (nota 86). Cuando se enladrilla ó sientan hiladas de ladrillos á un mismo nivel, por lo regular se sientan estos de canto, y á este órden de disponerlos llaman *enladrillado de canto* (nota 87). El enladrillado de *cabeza* ó de asta solo se usa en los suelos, y en estos se colocan los ladrillos con uno de los extremos hácia arriba. A causa de la pequeñez de las dimensiones del ladrillo, la firmeza y consistencia de las obras que se construyen con este material dependen principalmente de la regularidad y órden de las juntas, colocándolas de modo

que dos juntas verticales de dos hiladas contíguas no queden en contacto una con otra, y sí interceptadas por un ladrillo ó en otros términos, que en toda la obra se observe un buen enlace; y para que ademas tenga un hermoso aspecto, todas las juntas verticales de cada hilada en órden alternativo deben caer precisamente unas sobre las otras; de tal modo, que si se fija un cordel suficientemente largo en una junta vertical hácia la parte superior de un muro, este cordel deberá cubrir las demas juntas verticales de las hiladas alternativamente que haya desde dicho punto hasta la parte inferior.

456. Para conseguir esta regularidad y buena vista en las juntas, tan esenciales en las obras de ladrillo, como asimismo que aquellas queden encontradas, y enlazar los ladrillos para que adquieran firmeza, se asientan estos de un modo particular que llaman *enlaces*. En Inglaterra se usan dos clases de enlaces, el *antiguo inglés* y el *flamenco*. Una tercera clase se ha introducido en los Estados Unidos, que se ha extendido considerablemente en todo el pais, y á la cual para distinguirla de las dos precedentes se llamará *enlace americano.*

457. El enlace inglés antiguo consta de una hilada cabecera ó á tizon y de otra extendida ó á soga, y así en órden sucesivo ó alternando unas y otras, exceptuando cuando los muros contienen un número impar de medios ladrillos, pues entonces es de necesidad asentar una sola hilada á soga en cada hilada á tizon, y una hilada de asta ó de cabecera á lo ancho en cada hilada para formar el grueso del muro. Por ejemplo, en la construccion de un muro de uno y medio ladrillos ó de dos y medio ladrillos, el grueso de tal muro solo se podrá obtener del modo arriba expresado, ó partiendo por la mitad los ladrillos enteros, en lo cual se invertiria mas tiempo y se desperdicia mucho material. La primera hilada de un muro de ladrillo y medio de enlace inglés antiguo debe, pues, formarse, con ladrillos cabeceros y extendidos, del modo que están dispuestos en A (figura 57), y la hilada superior inmediata como está representado en B, ó quedando los tendidos á lo largo, en el paramento ó cara opuesta del muro. Si este es de dos y medio ladrillos de grueso como en C, la hilada extendida puede asentarse en medio del muro, y la hilada subsecuente puede ir toda de extendidos. Cuando el muro es de dos ladrillos de grueso como en D, puede constar de hiladas alternativas todas de asta y á lo largo. El órden observado en C y D, no es el uno ni el otro el mas á propósito para la construccion de muros,

pues que las juntas no quiebran ó alternan ó se cubren suficientemente; y debiendo ir cubierta cada una de estas hiladas por una série de extendidos cuyas posiciones se demarcan con la línea de puntos, se nota evidentemente que una junta continuada atraviesa por todo el largo y alto de cada uno de estos muros, y que no hay nada que una ó enlace ambas superficies, y por lo tanto que el tal muro estaria expuesto á hendirse en dos mitades, en direccion vertical y longitudinal, si se cargara con un peso ó se elevara á una altura considerable. Para evitar este daño, cada tercer ó cuarto cabecero debe sentarse en medio del muro, como en *aa*, y el largo que les falta se suple con pedazos (nota 88) de ladrillo á que dan el nombre de *recortes*, ó ladrillo reducido ó recortado del largo, tales como *bb*, que en nada alteran el paramento ó cara exterior del muro y sí le dan mas resistencia. Refiriéndose á los planos A y B, se verá que debiendo ser el largo de cada ladrillo igual al duplo de su grueso, si todos los ladrillos se emplean enteros en A, la junta extendida *c* vendrá siempre á la par de la junta cabecera *d*, y producirá mal efecto, ó juntas contiguas y rectas; para evitar esto se rebaja una porcion del primer extendido *e* para reducir su largo hasta el ancho de ladrillo y medio como se ve en la figura; entonces cada una de las juntas verticales *c*, caerá en medio del extremo de un ladrillo entero, y aquellas seguirán quebrando ó alternando en todo el resto de la obra. Requiérense á menudo piezas de ladrillo de menos de la mitad del ancho de uno de estos para introducirlas en las juntas de las caras y que produzcan un buen enlace; á estas piezas llaman ajustes: E representa la vista que tiene el enlace inglés antiguo en el paramento ó cara de un muro. La ventaja que ofrece esta clase de enlace es que no tiene huecos ó intersticios, pues es perfectamente sólida, y por esta causa puede aplicarse particularmente á aquellas obras en donde mas bien se requiere fuerza y consistencia que un hermoso aspecto. Por esta razon se ocurre á él, tanto en las obras de piedra como en las de ladrillo, para la construccion de estribos de puentes, muros laterales de canales y otros usos.

458. El aspecto exterior del enlace flamenco está representado por la figura 53, y consta de cabeceros y extendidos alternando en cada hilada, pero de tal modo dispuestos, que ninguna de las juntas verticales está en contacto ó á continuacion de la inmediata. Adóptase por lo regular este enlace en la construccion de casas, por considerarse que causa mejor efecto, y porque proporciona el empleo de una porcion considerable de fragmentos que van constantemente acopiándose en la obra; pero todo muro que consta de un número impar de medios ladrillos, no puede construirse sólido cuando se adopta este enlace. La figura 58, letra F, demuestra la disposicion en que estan los ladrillos de un muro sencillo, y G la de otro de dos ladrillos: ambas paredes son sólidas y se forman solo de ladrillos; pero H demuestra la disposicion de un muro de ladrillo y medio, en el cual se han dejado, sin poderlo evitar, muchas cavidades *ff*, que se llenan siempre de mezcla y de pequeños fragmentos de ladrillo ó rípio, como sucede con frecuencia. En la letra G, en vez de colocar dos ladrillos enteros *gg*, por lo regular solo se emplea uno, llenando lo restante con fragmentos, como en *h*: esto es muy fácil que suceda con mas frecuencia en las obras contratadas, y en las que el contratista tiene que poner los materiales, pues por este medio se ahorran muchos ladrillos enteros.

459. La tercera clase de enlace, que se ha distinguido de las otras dos con el nombre de *americano*, se ejecuta asentando cuatro ó cinco hiladas las unas sobre las otras, todas extendidas, y luego alternando con otra sencilla de cabecera, á la que siguen otras extendidas en igual número á las antecedentes, como se ve en Y. Este, del mismo modo que el enlace inglés, produce la obra sólida, pero no de tanta resistencia como el primero, porque las hiladas extendidas deben tener juntas rectas longitudinales, dependiendo de la hilada sencilla de cabeceros que las sujeta. Como no hace buena vista, no se recomienda esta disposicion.

460. Mr. Vazie, ingeniero de Cornwall, quiso introducir años há, lo que llamó *enlace vertical*. Por los experimentos que hizo, parece que su uso es mas ventajoso en los muros expuestos á la presion lateral, tales como los que se destinan á sostener ó sujetar rehinchos ó muros de construccion. El enlace vertical se ejecuta asentando los ladrillos de cabeza hácia el medio del muro, á 2 ó 3 piés de distancia. Algunos de estos se colocan en cada hilada progresiva, de modo que se conduzca el enlace perpendicular desde el fondo á la parte superior del muro, y por consiguiente cada ladrillo vertical queda cubierto ú oculto por tres hiladas horizontales sucesivas. Cuando se hace uso de este enlace, debe ponerse mucho cuidado en que los ladrillos verticales no sean muy largos; pues que si esto sucede, impedirán que quede bien asentado el muro, y por esta causa se originarian grietas ó hendiduras horizontales, y producirian debilidad en vez de fuerza y resistencia.

461. Los muros rectos se construyen demarcando ó formando primero en el terreno las esquinas ó ángulos del edificio, y corriendo despues desde uno á otro punto un cordel, que por consiguiente quedará en direccion recta. El cordel se ata por sus extremos á los pernos ó clavos que se clavan en las juntas recientemente formadas. Para fijar el cordel debidamente en el lugar que convenga, dos de las esquinas ó ángulos del edificio se forman de dos ó tres hiladas mas altas que la otra inmediata, y las hiladas inferiores han de nivelarse perfectamente por medio de un nivel á propósito. Despues puede continuarse el trabajo con la rapidez que se requiera, teniendo cuidado únicamente de que los paramentos del muro vayan bien perpendiculares, lo que se consigue aplicando el canto de la plomada á cada hilada, y recurriendo al nivel de tiempo en tiempo, ó á cada quinta ó sexta hilada. La plomada debe tener lo menos 3 piés de largo, y en vez de aplicarla á la hilada inmediata de la que se está construyendo, como alguna vez se hace, debe correrse á lo menos 18 pulgadas mas abajo de esta, para mayor seguridad.

462. Para dar estabilidad á un muro de alguna altura que no tenga nada que lo sostenga, es de necesidad que esté vertical ó á lo menos que la que pase por su centro de gravedad caiga dentro de la base ó cimiento sobre que está fundado, segun los principios establecidos en el §. 387 y siguientes. Al muro que se quiera dar igual resistencia, así en la parte superior como en la inferior, debe dársele mas grueso en su base que por la parte de arriba, cuya circunstancia siempre se tiene presente en la construccion de muros altos. Por ejemplo, á una casa de tres cuerpos se puede dar á las paredes exteriores del primero, el grueso de dos ladrillos, desde la base hasta el techo *a* (fig. 59); aquí se deja un resalto ó zapata de 4 pulgadas, de modo que se reduzca el grueso de la pared que compone el segundo piso al grueso de ladrillo y medio. Bajo del techo de este segundo piso *b* se deja otra retreta de 4 pulgadas, y queda reducido el grueso de la pared del último piso al de un ladrillo: de este modo se aligera el peso, se hace menos costosa la obra, y en nada se disminuye su resistencia. A mas de esto, el cimiento de las paredes siempre debe ser mas ancho que el grueso de estas, y á este resalto se llama retreta. Así una pared de dos ladrillos de grueso, deberá llevar un pié de cuatro ladrillos, como se demuestra en la figura, y este pié va disminuyendo á cada segunda y tercera hilada hasta emparejarse con el grueso que ha de llevar la pared sobre la superficie de la tierra,

pues que las dichas retretas van siempre ocultas debajo de aquella. Esto ilustra lo que ya se dijo en otro lugar (§. 454), que toda pared debe principiarse con una hilada cabecera, pues que una línea externa de extendidos puede deslizarse ó salirse fuera de su lugar por no estar cubierta con otros ladrillos.

463. Para dar á una pared la mayor firmeza y estabilidad posible, debe quedar sentada en medio de su pié como en *d* (figura 59), y las retretas *ab* deben igualmente estar en ambos lados de la pared. Sin embargo, esto no es posible en la práctica, porque darian muy mal aspecto al frente del muro; á lo que se agrega lo perjudicial que serian recogiendo y reteniendo el agua. El paramento exterior debe, pues, ser necesariamente un plano seguido como *cf* y las retretas *a* y *b* hacerse por la parte interior en que quedan ocultas, viniendo á servir de lechos á las viguetas de los pisos, para cuyo efecto las retretas se ejecutan en el lugar que aquellas deben ocupar, á pesar de que con esta operacion se carga mas el peso de la pared en la parte exterior que en la interior. En las casas en que se han de establecer máquinas de vapor, ó se han de almacenar grandes pesos, así como los edificios que han de servir para fábricas, en los que se requiere mas firmeza de la ordinaria, puede salvarse este inconveniente colocando una hilada de piedras rebajadas por encima, en los puntos de la pared exterior en donde convenga alguna retreta de consideracion, dejando á aquella una y media ó dos pulgadas mas atrás de dicha hilada.

464. A veces sucede que un muro no puede establecerse en medio de su pié, sin que se pierda una pequeña parte de la superficie correspondiente á la propiedad, porque las divisiones de terrenos y haciendas forman planos desde la superficie hasta el centro de la tierra, y nadie está facultado para fabricar, cavar, ni ejecutar cualquiera otra operacion que perjudique los derechos de su vecino. Así pues, si se desea fabricar el frente *fc* inmediato á los límites que señalare cualquier propiedad, deberá verificarse sin que sobresalga el pié de la línea de puntos *c*, que es la línea de término. La pared, pues, no llevará zapata por el lado *c*, ó habrá que retirar todo el pié hácia dentro del solar hasta que el extremo de dicho pié toque la línea de límite, en vez de la perpendicular *fc*, que se retirará á una distancia igual á la salida del pié.

465. Cuando se quiera dar á los muros una fuerza extraordinaria, de modo que puedan resistir los vientos fuertes, ó la

presion causada por los rehinchos que tienen que sostener por un lado, se construyen con inclinacion ó talud, es decir, se forman mas gruesos por la parte de abajo que por la de arriba; ó si se construyen verticalmente, se sostienen y dan mas fuerza con *estribos* y *contrafuertes*, colocados á corta distancia los unos de los otros, y con la aproximacion necesaria para que produzcan la fuerza suficiente. Cuando los muros se construyen de este modo, la posicion horizontal de su cimiento se mantiene con respecto á su largo, mas no debe estar á nivel en su direccion opuesta ó trasversal; porque como los ladrillos y las piedras se colocan generalmente en hiladas horizontales paralelas, un cimiento llano trasversal no es el de mayor resistencia, á lo que se agrega que daría mucho trabajo para formarlo. Sea pues, *abcd* (figura 60) la seccion de uno de estos muros de sostenimiento de ladrillo, construido con el objeto de resistir á la fuerza lateral del rehincho de tierra *c*. Si la hilada del fondo *cd* es horizontal, todas las de arriba serán paralelas á ella, ó todo el muro constará de hiladas horizontales, mientras que su lado en talud *ac* vendrá á componerse de una série de escalones ó zapatas, á menos que cada hilada de ladrillo sucesivamente se corte en direccion de la línea de puntos *ac*, en cuya operacion se emplea mucho trabajo, y despues de todo no tendrá la vista ni el buen aspecto de una cara ó paramento bien acabado; agregándose á esto que el tal muro no opondrá la mayor fuerza á la mole de tierra *c*, cuyo empuje lateral está en la direccion horizontal de la flecha *e*. Y como quiera que no está contrarestada sino por juntas planas horizontales é hiladas de ladrillo, cuyo peso vá disminuyéndose con rapidez á proporcion que van ascendiendo, y no teniendo enlace que los sujete entre sí (á menos que no se emplee el enlace vertical) (§. 460), es muy probable que la parte superior del muro se derrumbe ó se deslice horizontalmente de su lugar, ó al menos que se hienda, perdiendo así su resistencia y estabilidad. Si al contrario, se tira una línea *ef* desde *e*, centro de gravedad ó altura central de la mole de tierra que se ha de sostener, hasta el punto *f* cerca del medio del cimiento, y por el extremo *c* de este una perpendicular á la anterior, la línea *cg* así tirada marcará la direccion que deben llevar las hiladas de ladrillos para que su inclinacion produzca la mayor resistencia. En vez, pues, de construir el muro del modo que se manifiesta en la figura 60, deben disponerse los ladrillos en el órden que está indicado en la figura 61, y el único corte que hay que dar en este caso, es el que se verifica en el plano vertical *hk* que queda dentro del muro, por lo que si hay alguna imperfeccion esta no se verá, mientras que *hi* presenta al exterior una superficie lisa de ladrillos enteros, y todas las hiladas por estar paralelas con el cimiento *ik* opondrán toda la resistencia que conseguirse puede contra la presion lateral.

466. Rara vez se construyen muros de talud de tanta consistencia como la del que se acaba de hablar, puesto que estos se forman solo para canales y algibes; pero requiérese á menudo que vayan formando un declive gradual y ligero, tal como de media á dos pulgadas por cada vara perpendicular, con el objeto de dar mayor resistencia á las obras; en estos casos no es de necesidad la inclinacion ó declive de las hiladas del cimiento, ni deben cortarse los ladrillos de los paramentos, á menos que no sea de suma necesidad, pues que esta inclinacion puede conseguirse formando las juntas mas anchas por la parte de fuera, ó paramento del muro, que por la parte de adentro. Con efecto, los ladrillos internos ó del centro pueden sentarse muy unidos ó casi sin mezcla alguna entre sus juntas, mientras que con una junta del tamaño ordinario basta para los del exterior. Los muros con talud se construyen con el auxilio de un nivel de pendiente, esto es, con uno cuyos lados tengan la misma figura ó inclinacion que deben tener aquellos. Construido este nivel bajo los principios sabidos, segun aparece en la figura 62, sirve para requerir los declives ó inclinaciones de los lados en la construccion de los canales.

467. Pues que los muros con talud ó declive de consideracion, son muy costosos á causa de la gran cantidad de material que se emplea en sus bases, en vez de ellos se usan en muchos casos los *estribos* ó *contrafuertes* aplicados á un muro recto, resultando los mismos efectos. Así es que los muros laterales ó represa de los canales se construyen de esta forma. En la figura 63 se ve el plano de un muro estribado ó con contrafuertes; *lm* es el paramento del muro, y *nnn* son los estribos construidos contra su lado opuesto; se colocan por la parte de afuera ó de tierra cuando se emplean en la construccion de represas y á distancia de cuatro á seis piés, segun la profundidad de aquellas. Para dar mayor firmeza y resistencia á los muros, pueden construirse del modo que se representa en las figuras 60 ó 61; mas como estos muros no solo estan expuestos por un lado á la presion de la tierra, y por otro á la del agua, sino que tambien lo estan á los choques ó concusiones que

reciben por su parte superior de los botes cargados cuando los canales estan llenos de agua, llévanse por lo comun en direccion perpendicular hasta casi el nivel de la tierra, y en estos casos surten mejor efecto las hiladas rectas que las inclinadas. En los antiguos edificios de órden gótico en Europa, que son por lo comun de grande altura, se ven á cada paso estribos colocados entre dos ventanas, y en muchos se observa que extienden sus bases hasta una distancia de consideracion, y van disminuyendo á proporcion que ascienden por medio de retretas formando declivios, como se ve en *g* (figura 64), rematando por la parte superior en delgadas pirámides *r* llamadas pináculos, que por lo regular se adornan y embellecen, y dan mayor realce á los edificios de órden gótico. Sucede á menudo que en vez de rematar los estribos en pirámides se construye un cuarto de círculo de piedra como el que se manifiesta en *p*, y á este arco por su aparente falta de apoyo se llama *estribo volante* (arco botarel); pero no ofrece la mayor resistencia, y solo se emplea con el objeto de trasferir parte de la fuerza y resistencia del estribo principal *q* á los puntos *ss*, donde se hace necesaria la resistencia por aquella parte de las cubiertas usadas en esta clase de edificios, como se verá en la próxima seccion que trata de la construccion de techos (nota 89).

468. Así como los estribos ahorran mucho material y dan resistencia y firmeza á las obras de mucho peso, del mismo modo y con el mismo objeto se introducen los entrepaños en las obras comunes de ladrillo, á las cuales dan mayor realce, particularmente si se emplean en los muros *muertos*, llamados así por carecer de puertas, ventanas ú otros huecos; para lo que en vez de construir un lienzo de pared con una superficie plana y uniforme, se le dá mejor vista si se fabrica como se representa en la figura 65, esto es, principiando por abajo con un zócalo de piedras de paramento ú obra de ladrillo de dos ó tres piés de alto hasta la línea *ss*, desde donde debe retirarse el muro dos pulgadas. Continúase el *t* hácia arriba hasta la altura de seis á ocho hiladas plano y sin interrupcion; luego principian los entrepaños *uu*, cuyas caras se retiran dos pulgadas y aun hasta el grueso de medio ladrillo si aquellos son grandes. La obra se prosigue hácia arriba hasta concluir el alto que han de llevar los entrepaños; entonces el muro *x* vuelve á adelantarse hácia afuera, de modo que quede á nivel con las fajas ó pilastras *vv*, dejando un resalto de igual profundidad en rededor de los cuatro lados de cada entrepaño, y el todo se corona

con la cornisa *y*. Este bosquejo está sacado de la fachada de la fábrica de cerveza de Cannon, en Knightsbridge, en los alrededores de Lóndres. Los entrepaños son mas anchos de lo que se representa en la figura, y el todo ofrece un aspecto hermoso y lucido. La ventaja que brinda esta construccion, á mas de su vista, es que con el hecho de haber retirado el muro dos pulgadas hácia atrás de la línea *ss*, y cuatro mas en los entrepaños, se retira igualmente el centro de gravedad mas hácia adentro, de modo que vendrá á quedar en medio del pié, y ademas se ahorran cuatro pulgadas de grueso de obra por toda la superficie de los entrepaños, ahorro que en los grandes edificios viene á ser de mucha consideracion, mientras que los estribos ó pilares *vv* producen casi tanta resistencia como si el muro se hubiese construido de un grueso uniforme. Si se quiere dar una apariencia mas hermosa y elegante, pueden adornarse los pilares con capiteles *w* de piedra franca blanda, lo cual les dá el aspecto de pilastras. El mismo método de construir puede ventajosamente adoptarse en la fábrica de casas. La figura 66 representa la parte alta de la casa de las máquinas de las obras hidráulicas de West-Middlesex en Hammersmith, en las inmediaciones de Lóndres, la cual fue erigida por el autor en 1810. Contiene dos máquinas de vapor de la fuerza de 70 caballos, con sus bombas y aparato para abastecer á la Metrópoli de agua, que ha de extraerse del rio Támesis, y por lo tanto requeria estar muy bien hecha. La construccion es la misma que la que se acaba de describir, con la diferencia de que los entrepaños descansan sobre el zócalo y rematan formando arcos semicirculares en vez de líneas rectas; los arcos nacen de una hilada de piedra, la cual sirve de imposta en este caso, pues que las hiladas pasan sobre los pilares solamente y no se extienden por los entrepaños.

469. Siendo los ladrillos rectangulares por todos sus cantos, son por lo tanto mas á propósito para los muros rectos que para los que forman curva, y no pueden construirse con ellos esquinas redondas ó de otra forma que no sea rectangular, sin cortarlos para el efecto, y sucede á menudo en la construccion de muros que es de necesidad darles otras formas á sus ángulos. Cuando un muro se desvía de su direccion rectangular de 90°, se dice *cortado*, y los ladrillos del ángulo exterior deben cortarse para poderlos acomodar bien. Supóngase, pues, que se quiera construir dos muros en los direcciones *a* y *b* (figura 67). Estos muros no pueden construirse sino de ladrillos comunes rectangulares por los ex-

tremos, y para formar trabazon en los ángulos un muro debe cruzar con otro ó ambos enlazarse, como se representa en la figura; la consecuencia ó resultado es, que la porcion rectangular *c* y *d* de cada ladrillo sobresale de la superficie del muro y aparecen alternativamente á cada lado de la perpendicular que forma el vértice del ángulo; estas son las porciones que deben cortarse con el filo de una llana á cada ladrillo á medida que se asientan en el ángulo, á cuya operacion llaman *cortar en piezas*; y verificándose esto con mayor trabajo, se carga esta operacion en cuenta al tiempo de medir, y se valúa ó calcula por medida lineal ó se ejecuta por precio estipulado á razon de tanto por pié corriente hasta la altura á que alcanzare.

470. Igual indemnizacion se dá por cortar los ladrillos para taludes y rampas. Dícese que un muro forma *rampa,* cuando en vez de terminar perpendicularmente hácia sus extremos, forma un ángulo vertical como en los frontones de los edificios y en las obras que estan arrimadas ó recostadas sobre otras. De este modo, si se pretende cerrar con un muro el extremo del frente del edificio representado por la figura 64, se proseguiria construyendo verticalmente por ambos extremos la parte principal de la obra A hasta llegar á las puntos *ss,* y despues se les dará direcciones angulares hácia *t,* para llenar el espacio triangular *s, t, s,* mientras que el muro de la obra adosada terminará formando un declivio correspondiente al techo *v.* De estos muros se puede decir que forman rampas en *v* y desde *s* á *t*; y para que se produzcan estas rampas, es preciso recortar los ladrillos, pues de lo contrario se descubriria una série de salientes ó endentado, tal como está representado en *ac* (figura 60). El talud es cierto desvío angular de la línea horizontal: así se dice que la rampa de un muro está con pendiente ó bien talud de 2 á 1 como en los canales, ó que una rampa tiene un talud ó rebajo sesgado de 22° ú otro cualquier número de grados. Las rampas se ejecutan alguna vez curvas en lugar de rectas; de ellas se dá una muestra en el muro *w* (figura 66).

471. Cuando se construyen los muros en forma circular, es claro que no se podrán llevar á efecto valiéndose del cordel y los pernos ó clavos que solo dán líneas rectas. Las obras que forman curvas se verifican, pues, con lo que llaman *plantillas,* que vienen á ser unas tablas delgadas de tres á cuatro piés de largo con el corte ó figura curva que ha de dársele al muro que se trata de construir. Estas plantillas sirven para los mismos usos que las reglas, pues que se aplican á la superficie de cada hilada de ladrillos segun van ejecutándose. En esta operacion debe tratarse de que los ladrillos ó las piedras coincidan exactamente con la figura curva de dichas plantillas. Despues de asentadas las dos ó tres primeras hiladas, no se necesita del uso constante de las plantillas; basta solo aplicarlas de tiempo en tiempo, pues con el nivel comun es bastante para proseguir la obra con regularidad y precision si las hiladas del fondo han quedado bien sentadas. Cuando el rádio de las obras curvas es corto, se requiere que los ladrillos vayan cortados en figura de cuñas, ó deben construirse aquellas con medios ladrillos; y como esta obra es en todo mas dificultosa que la plana, en Lóndres se acostumbra pagarla un tercio mas cara que esta. Las retretas que ocurren en rededor de las ventanas, ó en la formacion de entrepaños, como se ve en las figuras 65 y 66, se llaman fajas, y como dán mas trabajo que la obra lisa se carga mas al tiempo de valuarla por la medida lineal, á menos que antes se haya convenido en lo contrario. La colocacion de losas, puertas y marcos de ventanas se paga tambien por separado.

472. A menudo acontece que el albañil tiene que parar la obra por el carpintero ó ensamblador, bien por no tener aviada la madera, ó bien por no haber concluido las puertas ó ventanas cuando se necesitan. En estos casos el albañil no debe interrumpir su trabajo, sino que lo continuará por aquellas partes en donde nada haya que embutir, dejando preparados los huecos que aquellas han de ocupar, como se manifiesta en la figura 68, y trabajando siempre en forma de escalones, de modo que pueda despues formarse el resto de la obra, sin alterar en nada el enlace ni el aspecto exterior del muro. Esta operacion se hace con frecuencia inevitable y en nada perjudica á la obra, á menos que aquella se ejecute mas allá de lo regular, lo que debe evitarse particularmente en las obras de ladrillo, porque la altura total de la mezcla empleada en las juntas horizontales forma, en esta clase de obras, una porcion mayor de toda la altura del edificio que en las de mampostería. Ahora bien, en los momentos de hacerse uso de la mezcla, esta se conserva blanda y los ladrillos van haciéndose una carga pesada á medida que el muro asciende; por consiguiente la mezcla de las juntas inferiores debe en algun modo comprimirse, y el muro irá descendiendo ó asentándose hasta que la mezcla se seque, despues de lo cual no ocurrirá en él ninguna otra alteracion. Cuando el *vagar* se lleva á una altura considerable, este asiento debe naturalmente

ocurrir, y si pasan algunos dias se secará la mezcla. La obra con que se han de cubrir los huecos dejados ha de experimentar los mismos efectos, y por lo tanto han de construirse sus juntas algo mas espesas y resistentes que las de la obra primeramente ejecutada, pues de lo contrario la reciente se hundirá en sus juntas horizontales por debajo de las de la obra seca, por lo que se romperian las juntas verticales, se desfiguraria el todo de la obra, y no dejarian de formarse grietas, tan perjudiciales á su resistencia y solidez.

473. Establécese, pues, como regla general, que toda obra de ladrillo ó albañilería que se haya de ejecutar en edificios de gran magnitud, debe verificarse observando en toda ella la mayor uniformidad posible en su altura; lo cual puede fácilmente conseguirse si se reparten por toda la obra operarios que trabajen simultáneamente, ó si no hay la gente suficiente se adopta el régimen de construir primero una hilada en todo el rededor del edificio, antes de proceder á asentar otra: ninguna parte de la obra debe permitirse que sobresalga á lo mas un pié sobre las otras, y por este medio se consigue distribuir el peso con igualdad en todas las porciones que componen el cimiento, y ninguna de sus partes estará mas expuesta que la otra á hundirse ó á asentarse.

474. En la inmensa ciudad de Lóndres, en donde casi todo se construye con ladrillos, y por consiguiente los operarios, por la gran experiencia que adquieren, saben distinguir lo bueno y lo malo en su ejecucion, es tal la importancia que estos dán á este órden de asentar los ladrillos en hiladas de igual altura, como asimismo á la distribucion uniforme del peso en toda la subestructura, que hasta las casas de menor importancia no se construyen sin que lleven su correspondiente hilada corrida con *enlaces ó cadenas de madera* (*bond timber*) por todo en rededor, lo que se verifica á la distancia de cada 4 á 5 piés de altura. Fórmanse estos enlaces con piezas de madera de pino de tea ó de roble de $4\frac{1}{2}$ por $2\frac{3}{4}$ de pulgada cuadradas ó del mismo grueso del canto de un ladrillo, y se asientan de plano sobre los muros, algunas veces junto al paramento, y otras en el centro; pero se verifica con mas frecuencia de este último modo, donde se clavan en todos los ángulos ó por donde quede alguna junta, despues de lo cual se cubren con mezcla y vienen á formar una parte permanente del muro, que no solo trasfiere todo el peso de la estructura superior á la inferior, sino que á la par impide el asiento desigual, como asimismo que

se formen grietas verticales en el muro. Como á menudo acontece, que es tanta la prontitud con que se fabrican los frentes de las casas, que no dá lugar á que la mezcla de su base se seque ó endurezca antes de concluirse la parte superior, dedúcese en su consecuencia lo expuestos que están los tales muros á alabearse ó tomar viento, esto es, á perder la uniformidad de su superficie vertical que debe ser perfectamente plana, formándose en ellos combas ó curvaturas, á no ser por los buenos efectos que producen los enlaces de madera que impiden este daño; pues aunque estos enlaces no son tan fuertes, no obstante, se necesita de muy poca fuerza ó sujecion para conservar la figura plana del muro si este está bien construido, y si se guardó la perpendicularidad mientras se formaba. Para conseguir el mejor efecto, se colocan estos enlaces por encima de las puertas y ventanas ú otros huecos sin intermision, y se retiran de dichos huecos aserrándolos despues de seca y endurecida la obra, y que esté perfectamente asentada, de modo que no se haga necesaria la permanencia de la madera para su seguridad. Todas las vigas y viguetas deben descansar igualmente sobre las cadenas de madera colocadas al efecto, y que vienen á formar una solera ó umbral (§. 434), que distribuye el peso por una gran extension de superficie por la parte inferior. En la figura 59, *a*, *b*, *g*, *g*, *g*, demuestran secciones de enlaces de madera del modo que se emplean en todas las casas de Lóndres.

475. Por las mismas causas que la operacion de *vagar* es contraria á la buena apariencia y resistencia de las obras, del mismo modo lo es la de unir la obra nueva á la vieja por medio de lo que llaman *endentar*, lo que es todavía peor que la antecedente, y sin embargo está muy en uso. El endentado deriva su nombre de la semejanza que tiene en sus juntas antes de cerrarlo con una dentadura, como se demuestra en *e* (nota 90) figura 69, y con frecuencia se ven ascender por todo un lado de un edificio que se calcula ha de unirse con el tiempo á otro que se construya á su lado. Si los muros que se han de unir estan en una posicion rectangular con los viejos, fórmase entonces el endentado excluyendo un ladrillo en cada hilada alternativamente y en direccion vertical como en *f*. En ambos casos deben construirse los muros nuevos de tal modo, que los ladrillos salientes se ajusten perfectamente en este endentado; mas esta obra nueva, rara vez deja de quebrarse al tiempo de asentar ó de secarse, debiéndose esto á la sujecion en que están los ladrillos recientemente asentados, que no se

les permite que desciendan y se asienten al mismo tiempo que el resto de la obra. El método nuevamente adoptado para unir ó enlazar las obras nuevas con las viejas, consiste en dejar en los lados y hácia adentro de los muros viejos unas cajuelas ó huecos, como se demarcan por la línea de puntos en *gg*, y cuando se construyen los muros nuevos se forman unas lengüetas ó salientes como en *h*, para que ajusten en las cajuelas, y por este medio se enlazan ambos muros, lo cual aparece como una junta vertical perfectamente derecha en medio de ambos edificios; mas como así puede descender la obra nueva y deslizarse por el muro viejo, se tendrá cuidado al tiempo de formar las lengüetas, que su fondo quede una ó dos hiladas mas arriba del fondo de la cajuela en donde se han de insertar. Estas cajuelas se hacen del grueso de medio ladrillo ó del de uno entero por detras del paramento del muro, no solo para darle resistencia, sino tambien para ocultar el órden en que está hecha la union y que aparezca como una junta recta. Y, demuestra un endentado formado con el objeto de construir un muro en direccion recta al primero.

476. Un muro bajo puede construirse con menos costo que otro alto, porque los materiales se manejan con mas facilidad, no se necesita de andamios para su formacion, ni hay aquella pérdida de tiempo y trabajo que ocurre en las fábricas donde hay que suspender grandes pesos á alturas de consideracion. Cuando la altura es tal que los operarios no puedan alcanzar la obra (que siempre debe quedarles por debajo de la barba) hay que recurrir á los andamios. Se forman estos enterrando verticalmente en el suelo maderos largos, á 8 piés de distancia unos de otros y á 6 piés del frente del edificio que se ha de construir; otros maderos horizontales van de uno en otro de los primeros atados fuertemente, y se colocan otros mas pequeños atravesados desde aquellos á la pared; á estos últimos se llama *mechinales*, y se colocan de cuatro á cinco piés distantes unos de otros, descansando una de sus cabezas en los maderos horizontales, mientras que la otra entra en un agujero como de medio ladrillo que se deja en la pared expresamente para el efecto y se llaman huecos de mechinales. Finalmente se colocan tablas de una y media pulgada, que sirven de piso ó plataforma á los andamios, y estas tablas no requieren ni clavos, ni ataduras ni otra sujecion alguna, pues están suficientemente sujetas por su propio peso, ó por el de los materiales que sobre ellas se ponen. Todos estos materiales deben trasportarse ó subirse á estas

plataformas, circunstancia que aumenta mas el costo cuando los edificios son de gran altura. Las piedras de mucho peso, las piezas voluminosas de madera, y otros artículos que por su excesivo peso no puede conducir por escaleras un hombre solo, se suspenden generalmente por medio de unas tijeras iguales á las ya descritas (§. 434), ó por medio de aparejos atados á unos maderos salientes que se colocan por la parte superior del andamio con este mismo objeto. Mas los ladrillos, la mezcla, y otros artículos de menos volúmen se conducen por escaleras largas, ó como sucede en este país, por medio de planos inclinados sucesivos que se forman con tablas de andamios, primero en una direccion y despues en otra, lo que se ha preferido, fundándose en el principio que un hombre puede cargar un peso mayor subiéndolo por una escalera que tenga una pendiente suave que por otra casi perpendicular. Esto es muy cierto; pero para dar al plano inclinado una pendiente suave, es necesario hacer su superficie mucho mayor que la escalera, y un hombre sube dos veces esta, mientras que con igual celeridad lo haria solo una por el plano inclinado; de modo que si no quiere cargar mas que la mitad del peso á la vez, siempre conduciria la misma cantidad de material y en el mismo tiempo por uno ú otro medio. En Inglaterra siempre se hace uso de la escalera, y los ladrillos, tejas, mezclas &c. se cargan sobre los hombros ó á la espalda en una especie de arteson que es muy adecuado al efecto. El tal arteson consta de dos tablas gruesas de tal modo clavadas que ambas forman ángulos rectos, y una tabla cuadrada para formar el respaldo, de modo que tienen la forma de un dornajo, cuya parte superior, asi como uno de los testeros, estan descubiertos. Sus dimensiones interiores son, 10 pulgadas de ancho en cada tabla y 17 de largo, de suerte que puede contener diez y ocho ladrillos, ó muy cerca de media fanega de mezcla. Se le pone un mango ó vara de 3 piés de largo, que se introduce en un candelero de hierro ó hueco formado para este efecto, y remata en forma de tenedor como una Y hácia el centro del extremo angular, cuya parte se redondea y cubre con una especie de colchon formado de lana, para que pueda llevarse con facilidad cualquier carga sobre los hombros; y si se le dá al mango una ligera inclinacion en direccion al cuerpo por la parte de delante, cualquier obrero que tenga alguna práctica subirá las escaleras con la mayor velocidad sin sujetar el arteson, y por consiguiente tendrá las manos libres para su mayor seguridad. Las escaleras que han de servir en

las fábricas de mucha altura, deben ser bastante fuertes para resistir tres ó cuatro hombres cargados á la vez, pues cuando se quiere construir una fábrica con prontitud, las escaleras se llenan, en tales casos, de operarios que se suceden unos á otros con la mayor rapidez (nota 91).

477. Por los experimentos que se han hecho, se ha visto que muy pocos hombres, aun entre aquellos que estan acostumbrados á servir constantemente á los oficiales, trabajan todo un dia cargando un peso igual á la mitad del suyo propio, constantemente en diez horas, que es el dia de trabajo en Inglaterra. Es decir, que aunque se computan doce horas en el dia, se rebajan media hora para almorzar, una hora para comer, y media hora á la tarde para el refresco y descanso. Si se supone el peso de los hombres de 120 libras, se verá que no llegarán á 45 libras el peso que constantemente podrán llevar; así pues, para cargar materiales en los edificios de gran magnitud, se deducen grandes ventajas si se emplea el peso en vez de la fuerza de los hombres. Este método se adoptó en la construccion del teatro de Drury Lane en Lóndres, que es un edificio de grande altura y extension. En vez de conducir los materiales de poco tamaño por medio de escaleras, como es costumbre, se colocaron grandes poleas de hierro colado en la parte superior del andamio, algo mas arriba del alto que debia llevar el edificio: estas poleas tenian 4 piés de diámetro, y con canales profundas para que las cuerdas pudieran rodar por ellas. La cuerda que corria por la roldana, llevaba en cada extremo un cajon cuadrado fuertemente atado, y el largo de las cuerdas estaba tan bien calculado, que cuando uno de estos cajones descansaba sobre el terreno, el otro quedaba suspendido en el aire, algunas pulgadas mas alto que el tablado en donde debian descargarse los materiales. El cajon que quedaba abajo se llenaba mientras tanto de ladrillos, mezcla, agua, tejas ú otro material, y despues un hombre se metia en el cajon de la parte de arriba, cuyo peso era mayor al de abajo solo diez ó doce libras, de modo que descendia, sujeto de la soga, con la velocidad correspondiente á la diferencia de ambos pesos, siéndole fácil disminuir aquella con solo dejar escurrir por una mano la cuerda ascendente, mientras verificaba su descenso, y sujetarla de firme cuando queria parar. Por este medio, los obreros podian suspender cargas casi equivalentes á su propio peso, y casi sin trabajo, pues el único que tenian ó cuando hacian algun esfuerzo, era mientras subian por las escaleras despues que salian del cajon, y cuando descargaban los materiales suspendidos. Pero como subian aquellas sin carga alguna, se movian con mas libertad, siendo grandes las ventajas que resultaban, pues que se economizaba mucho trabajo, y los costos se disminuian considerablemente. Este método de suspender los materiales probablemente tuvo su orígen de otro muy parecido, hace años adoptado en Lóndres para descargar el carbon y extraerlo de las bodegas de las embarcaciones. Se arría en la bodega un gran canasto atado por el cabo de una cuerda que corre por una roldana colocada á altura considerable, y que termina por el otro extremo en cuatro cabos separados que se elevan desde cubierta á la altura de 5 piés: aplícase un hombre á cada uno de estos cabos, y cuando se ha llenado el canasto, los cuatro saltan espontáneamente en la escotilla, y superando su peso al del carbon, logran por este medio suspenderlo á la altura de la cubierta, desde donde se le dá un impulso hácia el lado en que están situados dos hombres prontos á recibirlo y descargarlo por una plancha ó arteson colocado en un costado del buque, por el cual vá deslizándose hasta llegar al lugar preparado para vaciarlo. El canasto vacío se vuelve á arriar en la bodega, y mientras se llena, los cuatro hombres tienen el tiempo suficiente para salir por una escalera á la cubierta llegando á tiempo de repetir la misma operacion. La altura que se salva en la descarga del carbon es muy insignificante comparada con la de los edificios de alguna altura; por lo tanto es de inferirse que la vida de los obreros correria inminente peligro si se pusiese en práctica el método adoptado en el teatro de Drury Lane para suspender los materiales: en efecto era de esperarse, y por lo tanto fue generalmente reprobado á los principios de introducirse, por la justa consideracion de que ningun dueño de fábrica debia adoptar régimen alguno por muy económico que fuese, si quedaban mas que de ordinario expuestas las vidas de sus semejantes. Sin embargo, mayor es la aprension que el peligro, pues los marineros que viven constantemente entre las cuerdas, y quienes con frecuencia se suspenden en ellas; los mineros que están acostumbrados á subir y bajar cotidianamente á mayores profundidades que el alto de los edificios mas elevados, se consideran tan seguros mientras están suspendidos de una cuerda, como una persona no acostumbrada á esta clase de sosten, pudiera estar sobre andamios ú otro aparato de mayor seguridad. Los que saben lo descuidados que suben los obreros

(aquellos ya acostumbrados) las escaleras mas altas, cargados con grandes pesos, deben convenir en que hay casi tan poco peligro en descender por estas como si se verificara por medio de una buena cuerda. De todos modos, en todo el tiempo que se practicó este método, al que á cada instante se ocurria mientras duró la fábrica del teatro Drury Lane, no aconteció novedad alguna que pudiera desacreditarlo, y lejos de esto, cuando los obreros se llegaron á acostumbrar á él lo preferian al ordinario de escaleras. Se ha insertado esta noticia en este lugar con la conviccion de que el ingeniero puede en muchos casos emplear el peso de los operarios para suspender las cargas, con mas producto y mayor satisfaccion por parte de ellos, que si se valiesen de sus fuerzas como se acostumbra generalmente (nota 92).

478. Pues que la resistencia y solidez de las fábricas de ladrillo depende principalmente de la firme adhesion de los ladrillos con la mezcla, esta debe por lo tanto usarse mas bien aguada ó mas suelta de lo que comunmente se acostumbra; y si es tiempo de seca se humedece el lecho ó lugar donde han de ir asentados los ladrillos, rociándolo con agua y una brocha ó escoba grande (nota 93), ó si se quiere pueden sumergirse en aquella. Cuando se quiera dar la mayor resistencia y solidez á un muro de ladrillos, se *enrasa* á cada segunda ó tercera hilada si para ello tienen el grueso suficiente. La operacion de *enrasar* se ejecuta echando mezcla disuelta con la suficiente porcion de agua hasta darle la consistencia de crema, por encima de las hiladas de ladrillo, con el objeto que corra y se introduzca entre las juntas y llene los huecos ó hendiduras que por omision se hayan dejado en el muro. Cuando se hace esto, los lados de las hiladas en donde este enrase se ha de verificar, han de estar lo menos el grueso de un ladrillo mas altos que el centro de la obra, de modo que forme una especie de tanque ó receptáculo para contener la mezcla aguada, la que se extiende con una llana ó azada pequeña para que se distribuya con igualdad por toda la superficie de aquella parte del muro.

479. La argamasa de mezcla y piedra menuda (beton ó concreto) de que ya se ha hablado en el artículo de mezclas (§. 78), se parece en sus efectos á la mezcla con que se ejecuta el enrasado. Segun se dijo en el citado párrafo, aquella composicion es muy poco comun en Inglaterra, y el autor no recuerda haberla visto usar, ni menos recomendarla ningun ingeniero; mas como se habla mucho de ella, y con gran aceptacion de algunos ingenieros

franceses, quienes le atribuyen muchas y buenas cualidades para las construcciones y cimientos formados debajo de agua, no se pasará mas adelante sin hacer antes mencion de ella.

Sganzin dice que «dicha argamasa se emplea en los cimientos de las obras hidráulicas echándola en el agua, bien directamente, ó por medio de cajones construidos al intento, con el objeto de impedir que la mezcla se extienda al pasar por el flúido en direccion al fondo. No puede establecerse una regla general para la composicion de esta mezcla, pues que en sus proporciones influye mucho la calidad de los materiales que la hacen variar, resultando mas ó menos buena. La siguiente es una composicion con la cual se han conseguido buenos resultados:

En 40 partes.	Puzolana de Italia...............	12
	Casquijo ó gravas................	6
	Cal hidráulica (viva)............	10
	Rajones ó rípios de piedra........	12
		40

Para hacer esta mezcla se extiende la puzolana en forma de una vasija ó aljofaina en la cual se pone la cal y se apaga, segun Mr. Fleuret; en seguida se agrega y mezcla la grava con la cal y la puzolana y se revuelven juntas; despues de formada la mezcla se agregan los rípios ó rajones de piedra sin aumentar la cantidad de agua, pues con la primera es suficiente. Cuando se hace uso de esta mezcla para rellenar entre dos muros y hacer la obra impermeable, la cantidad de piedra se reduce á la mitad, como tambien sus dimensiones; asimismo se suprimen las gravas, y se sustituye con arena.

Ignorando el que escribe el modo de emplear esta mezcla, no andaria muy advertido si aventurara su opinion por lo que respecta á ella; mas le parece, sin embargo, que esto solo es un desperdicio de materiales costosos y una composicion incapaz de producir la solidez necesaria. Prefiere esta operacion, que puso en práctica y le dió muy buenos resultados, para rellenar y formar cimientos. Se sirvió de la piedra partida limpia de pedrezuelas redondas, prefiriendo siempre las mas duras; las extendió en capas ó camadas de tres á cuatro pulgadas de grueso; se pisaron estas piedras, hasta dejarlas todo lo mas compactas posible, con un pi-

son ligero ó un martillo; despues se enrasó todo del modo ordinario, excepto que la mezcla de enrasar puede hacerse con cimento ó cal hidráulica, ó con una mistura de mezcla comun de enrasar y algun otro cimento en el momento de extenderla sobre la obra. Esto produce una masa dura y muy poco costosa.

480. Puesto que el frio es perjudicialísimo á toda obra de ladrillo, porque la mezcla que se congela jamás se asienta con firmeza, sino que se reduce á polvo, se debe por lo tanto evitar en cuanto sea posible emprender estas fábricas cuando se calcule que las mezclas puedan helarse; y si la helada sobreviene antes de haber tenido tiempo de asentarse y orearse, se deberán cubrir los muros con esteras de paja ú otra materia preservadora.

481. Las juntas de la fachada de todo buen edificio deben concluirse repasándolas con la punta de una trulla para alisar la mezcla; entonces se llaman *aplanadas*, y á toda la fábrica obra de *juntas aplanadas*. Anteriormente se *golpeaban las juntas* en las obras mejor acabadas, lo cual no venia á ser mas que una raya que se formaba en medio de las juntas de $\frac{1}{8}$ de pulgada de ancho y como la mitad de profundidad, por medio de una regla y un instrumento de acero plano, pero redondo por la punta. Esta operacion se ejecuta estando aun la mezcla fresca, y hace muy buen efecto á la vista si se examina de cerca, mas no así de lejos, y tanto por esto como por el mayor costo que origina, es rara la vez que se adopta. Tambien se adornan las obras de ladrillo bajo otro órden llamado de *punta de estoque* (*tuck pointing*) ó *punteado recogido*, mas este solo se usa para revestir y hermosear los edificios antiguos; se rae la mezcla vieja y se repone con otra nueva de puntear, que se hace con mezcla comun misturada con carbon, hollin ó la escoria de las fraguas. Se llenan con esta composicion las juntas planas, las cuales cuando secas adquieren un color aplomado mas ó menos oscuro. Fórmase seguidamente una masa fina con cal apagada muy bien cernida y estuco, pero que no tenga arena, á la que se le dá la consistencia de potea de vidriero; córtase esta masa en tiras que no excedan de $\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho con un cuchillo grande ó una trulla; despues se van colocando estas en el centro de las juntas, cuya operacion, si se hace con cuidado, dá mucha vista y realza en gran manera el frente de los edificios. Esta operacion es muy cansada, y requiere mucha destreza y escrupulosidad para que quede lucida, y por lo tanto es muy costosa.

482. Las fornayas de ladrillo, así como los hornos para derretir ó refinar metales, las calderas de máquinas de vapor, las cervecerías, alambiques y otras obras semejantes, se deben construir sus paramentos internos inmediatos al fuego, con ladrillos de fuego ó refractarios (§. 45), del grueso de la mitad, y aun muchas veces del de un ladrillo entero, segun la constancia é intensidad del fuego que han de aguantar; mas la parte exterior puede ir de ladrillo comun. Las juntas de las obras de fuego ú obras de ladrillo expuestas á la accion de un fuego vivo, no deben ser muy delgadas ni tampoco emplearse en ellas mezcla, pues volveria á quemarse y convertirse en cal viva, perdiendo de este modo toda su tenacidad. En vez de mezcla se proporciona arcilla refractaria que se templa con agua hasta que quede algo suelta, y empleada así vá endureciéndose con el calor del fuego y el uso continuo. Como por lo regular el fuego dilata, vitrifica y raja la obra de ladrillo de los hornos, para precaver mayores daños se enlazan ó sujetan sus lados con barras de hierro forjado, que se introducen por entre la obra y las planchas de hierro colado con que se forra el exterior; las barras se sujetan con tornillos colocados á los extremos de los enlaces ó con llaves pasantes; los enlaces irán por supuesto en aquellas direcciones donde se considere que esten menos expuestos á la accion del calor del horno. Los cañones de las chimeneas de los hornos deben llevar cimientos por separado, y nunca se construirán sobre aquellos, pues los hornos se menoscaban muy pronto, y hay que derrumbarlos para volverlos á reedificar; por lo tanto han de buscarse los medios para hacer esta operacion sin que sea necesario tocar á dichos cañones de chimenea.

483. Sucede con frecuencia mientras dura la direccion de alguna obra, que el ingeniero encargado hace construir cuartos provisionales con el objeto no solo de habitarlos, sino para que sirvan de talleres y almacenes; se forman por lo regular de madera, de tal modo construidos que pueden desbaratarse y trasportarse de un lugar á otro. Mas por lo comun no es tan fácil conseguir la madera aserrada, á lo que se agrega que si se necesitan herrerías, fundiciones y cocinas ú otros objetos que requieran mucho fuego, no son por cierto muy seguros, siendo ademas muy calorosos en los climas y estaciones cálidas. Por consiguiente no está de mas advertir, que pueden con facilidad construirse habitaciones mas cómodas y mas seguras en los climas cálidos, donde abunda la arcilla, sin necesidad de formar de ella ladrillos cocidos. Se templa la arcilla con agua, luego se amasa con paja para darle tenacidad,

y se forman con esta mezcla ladrillos grandes de 24 pulgadas de largo, 12 de ancho y 4 de grueso; estos se ponen de canto para que se sequen al sol, y despues de vueltos en sentido contrario, adquieren la dureza necesaria para poderlos usar; con estos ladrillos pueden construirse los muros exteriores de una casa ó tienda de un cuerpo, con su fogon, puertas, ventanas &c., y sin otra mezcla que la misma arcilla templada con agua. Los techos se construyen con varas largas y derechas en direcciones inclinadas ó formando declivios, y estas se cubren con los mismos ladrillos, que vuelven á cubrirse con paja, grandes hojas, pizarras ú otro cualquier material que los preserve ó guarezca de la lluvia. Cúbrense bien todas las hendiduras y huecos innecesarios con la misma arcilla, y se consiguen habitaciones cómodas y de una temperatura agradable en todos los climas y estaciones. A estos ladrillos secados al sol llaman en Méjico *adobes*, y la mayor parte de las casas que componen los arrabales de las ciudades por todo el reino, no se construyen con otros materiales, y se repellan ó sacan á plana con mezcla fina, manteniéndose firmes por muchos años (nota 94).

484. Hé aquí otro modo de fabricar con barro, llamado *fábrica pisada* ú *obra pisada* (tapial) de mucho uso en Italia, y en el Sur de Francia para construcciones pertenecientes á la labranza (nota 95). Se clava una hilera doble de estacas rectas y paralelas en la forma que ha de llevar la obra que se requiere, y á una distancia igual al grueso que ha de tener el muro ó pared. Colócanse de pié y por la parte de adentro de las estacas, tablas delgadas y lisas, y seguidamente se rellenan los espacios que quedan entre estas con arcilla templada y amasada con paja, que se vá extendiendo con igualdad en camadas horizontales y pisándose sucesivamente con pisones de madera. Cuando la obra queda suficientemente seca para mantenerse en la forma que se requiere, se retiran las tablas y se llevan mas arriba para volver á rellenarlas con la arcilla templada en la misma forma que antes, y así sucesivamente hasta llevar el muro á la altura correspondiente. En estos casos tambien se emplean los enlaces de madera (§. 474), que pueden colocarse por encima y por debajo de las ventanas; y como estos corren en rededor del edificio, contribuyen á dar mayor firmeza y solidez á la obra. Sir John Sinclair habla muy favorablemente de estas obras en sus Memorias agrícolas (*Agricultural reports*), en las que recomienda mucho su uso en Inglaterra.

Sobre la medida y avalúo de las obras de ladrillo.

485. Las obras de ladrillo casi siempre se miden con la pértica cuadrada de $16\frac{1}{2}$ piés ingleses por $1\frac{1}{2}$ ladrillo de grueso, ó por lo que llaman en Inglaterra obra de 14 pulgadas, de suerte que si el muro es mas grueso ó mas delgado que los establecidos, hay que reducirlo á aquel grueso, y por esto se oye decir con frecuencia que tal ó cual muro tiene tantas perchas de obra de ladrillo reducida. El cuadrado de $16\frac{1}{2}$ piés lineales es 272,25 piés cuadrados; mas por costumbre ya establecida se rebaja la fraccion, y se dán á la pértica 272 piés cuadrados, por consiguiente 136 piés cuadrados hacen media pértica, y 68 piés cuadrados un cuarto de pértica (todo en medidas inglesas).

486. Las obras de ladrillo se miden con dos varas de madera de 5 piés de largo divididas por ambos lados en piés, medios, y cuartos de pié. Toda otra dimension menor de 3 pulgadas, se calcula á la simple vista al tiempo de aplicar la vara. Verifícase regularmente esta operacion por tres personas, á saber: el ingeniero ó medidor, que vá sentando las medidas en un libro para este efecto, manda tomar las medidas correspondientes é inspecciona su exactitud antes de sentarlas, y dos *hombres de vara* ó peones ayudantes cada uno con una vara. Cuando se emplean las varas se hacen coincidir ó se ponen paralelas á las juntas horizontales ó verticales; y cuando se haya colocado la primera vara en la posicion correspondiente, se mantiene en ella por el primer ayudante mientras que el segundo une el extremo de la suya al de la que tiene sujeta el compañero: aquel á su turno, se mantiene en su lugar con la vara fijada en la pared, y seguidamente el otro retira la suya y repite la misma operacion, y casi sucesivamente hasta medir toda una hilada horizontal; despues se sienta en el libro el largo total como una dimension. Las alturas verticales se toman ejecutando la misma operacion, para cuyo efecto los medidores se valen de escaleras ó andamios, ó bien se suben en los huecos de las ventanas, si no hay facilidad de verificarlo de algun otro modo. Las varas deben ser de tal flexibilidad, que cedan sin quebrarse á la inclinacion que se les dé en los casos en que haya necesidad de medir arcos ó huecos circulares.

487. El encargado de las obras de ladrillo que deben medirse,

llevará en cuenta los cimientos, como asimismo todas las obras subterráneas, y esto se verificará en el momento de haberse echado los primeros y construido las segundas, ó al menos antes de cubrirse los unos y las otras con la tierra que precisamente se les ha de echar encima; porque como estas obras han de ir ocultas, si no se ha llevado la debida cuenta y razon, habria despues que cavar la tierra para medirlas, con lo que se aumentaria el trabajo y dilataria la operacion.

488. Cuando el grueso de los muros varía, se toman otras dimensiones y se pone un nuevo asiento en el libro; mas las obras de un mismo grueso y de una misma altura pueden incluirse en una misma dimension.

489. El libro de dimensiones se raya formando tres columnas estrechas al lado izquierdo de cada página, y lo demas se deja en blanco para las descripciones ó advertencias: viene á ser lo mismo que el libro de medidas de obras de piedra (§. 447), con la diferencia que no tiene la columna de importe á la derecha.

490. Las obras de ladrillo se cubican alguna vez, particularmente si los muros son muy gruesos; mas el modo de medir comunmente adoptado, es medir la superficie cuadrada de cada muro y asentar al frente su grueso por ladrillos ó medios ladrillos. A medida que se toman las dimensiones, se ván asentando en órden en la segunda columna una despues de otra, y se las pasa una raya por debajo; la tercera columna se deja en blanco para asentar los productos ó la multiplicacion, ó el cuadrado de las dimensiones, cuya operacion no se ejecuta en los momentos que se está verificando la medida, sino que se deja para practicarla cada cual en su estudio ó bufete, y por lo regular viene á ser la tarea del escribiente ó escribientes de la oficina. La operacion se lleva á efecto valiéndose de una pizarra ó ejecutándola en papel ordinario, y lo que allí resultare se traslada á la tercera columna del libro, mientras que en la cuarta ó la columna mas ancha se insertan los gruesos calculados por ladrillos (esto es, si en la operacion no se ha hecho uso de la cubicacion); se hace mérito del lugar en que se ha medido, y de otras cualesquiera observaciones que se consideren necesarias.

491. Cuando se quieran cubicar las obras de ladrillo, se toma primero el largo ó dimension horizontal, y se asienta en la segunda columna los piés y pulgadas que resultaren: seguidamente se mide la altura perpendicular, y se anota inmediatamente

bajo la primera dimension; y por último se toma el grueso del muro, y los piés y pulgadas que diere se colocan del mismo modo é inmediatamente bajo las dos cantidades precedentes, pasando luego una raya por debajo de la columna, pues que esta medida se ha completado. Procédese bajo el mismo órden á tomar otras dimensiones, y se asientan observando el mismo método que el anterior hasta llegar á la parte superior del edificio, ó se dá fin á la operacion de otro cualquier modo. Ahora bien, cada medida consta de tres miembros, á saber: de un largo, de un alto, y de un grueso, y con estos debe procederse á operar. La altura multiplicada por el largo dá la superficie, y esta multiplicada por el grueso, el contenido sólido ó cúbico de aquella porcion del muro, que debe asentarse en la tercera columna. Una vez cubicadas las cantidades separadamente y asentadas en la tercera columna, se suman, y el producto será el número de piés y pulgadas que contiene la obra. Si esta se ha ajustado por pié cúbico, como frecuentemente sucede, esto es todo lo que hay que hacer; mas si hay que reducir la medida cúbica á varas, se multiplica por 8, el producto se divide por 9, y el cociente serán las varas de obra de ladrillo reducido, pues que el grueso establecido de $1\frac{1}{2}$ ladrillos es de $\frac{9}{8}$ de pié.

492. Cuando se miden las obras en el órden mas generalmente adoptado, cual es el de calcular el grueso de los muros por ladrillos y medios ladrillos, solo se sientan dos dimensiones en la segunda columna del libro, á saber, alto y largo; la tercera columna se deja en blanco como se ha dicho, y el grueso de la pared se pone antes que la descripcion de la obra, como se ve por la corta muestra que se dá del órden en que los constructores de obras de ladrillo llevan sus libros de medidas, y se inserta á continuacion. Las letras T. M., con que principia el siguiente encabezamiento significa «Toda clase de materiales» (nota 96), es decir, que el obrero pone los ladrillos, la mezcla, la obra de mano, andamios, y todas las herramientas necesarias para concluir la obra: M, T, del mismo modo significan, en los casos que se hace uso de ellas, «mezcla y trabajo;» y obra de mano usándose la T sola, que es cuando al obrero se le facilita todo lo que ha de menester para el trabajo poniendo solo sus manos (nota 97). Los trabajos se ajustan bajo alguna de estas dos condiciones. Los encabezamientos de estos libros han de ser ámplios y explícitos, pues que á menudo se producen en juicio como testimonios ó com-

probantes; por consiguiente, en ellos no debe aparecer raedura alguna, como tampoco borraduras, á menos que aquellos artículos borrados no se hayan vuelto á reproducir escribiéndolos de nuevo; últimamente, no deberán tener hojas arrancadas. Deberá especificarse principalmente la fecha en que se construyó la obra, pues como el precio de los materiales y el de obra de mano varía con el tiempo y las estaciones, especificando aquella se pueden calcular dichos precios arreglándose á la época de la ejecucion.

MEDIDA DE LA OBRA DE LADRILLO.

T. M. Ejecutada por A. B. para C. D. entre los meses de Enero y Junio de 1832, en la fábrica adicional del Colegio de Medicina de Jefferson en Filadelfia, y medida el 27 de Julio de 1832 por J. M.

	58 1	6 6	87	9	4 ladrillos de grueso en el cimiento del muro occidental.
	58	0 9	43	6	3½ id. de id. en id. id.
	57	6 9	43	1	3 id. de id. en id. id.
	56 11	8 2	632	7	2½ id. de los muros de la parte inferior.
4)	6 4	6 10	125	8	½ ladrillo de id. DD, en los huecos de las ventanas.
4)	4	10	36	8	2½ ladrillos de id. id. DD, en 4 arcos semicirculares.
4)	7	6	22	6	Declive de 9 pulgadas arcos acanalados sobre los mismos de 4 pulgadas de grueso.
2)	29 1	6 6	88	6	4 ladrillos de grueso en el pié ó cimiento de los muros de N. y S.
2)	29	6 9	44	3	3½ ladrillos de id. en id. id. de id.

2)	29	6 9	44	3	3 ladrillos de grueso en el pié ó cimiento de los muros de N. y S.
2)	29 11	6 2	649	0	2½ id. los muros del N. y S.
	9 8	6 6	80	9	2½ id. DD en la entrada hácia el muro del Sur.
	4 3	6 3	114	8	2½ id. id. DD en las ventanas del muro del Sur.
	5	0	3	9	Declivio de 9 pulgadas arcos acanalados sobre las mismas de 4 pulgadas grueso.
	12	0	9	0	Id. sobre la puerta.
	56 16	8 0	906	0	2 ladrillos grueso de los muros de occidente sobre la primera retreta.
2)	29 16	6 0	944	0	2 ladrillos de grueso de los muros del N. y S. sobre la primera retreta.
6)	10 5	6 0	315	0	2 ladrillos id. DD, de las ventanas.
6)	5	0	56	10	2 id. id. DD de los arcos semicirculares sobre las mismas.
	6	6	29	3	Declive de 9 pulgadas de arcos acanalados de 4 pulgadas grueso sobre los mismos.
	56 11	8 3	637	6	1½ ladrillos de grueso del muro del Oeste en el tercer cuerpo.
2)	29 11	6 3	663	9	1½ id. de id. en los muros de N. y S. en el tercer cuerpo.
6)	4 2	0 3	54	0	1½ id. DD, en los huecos para ventilacion.
6)	5 3	3 6	113	3	1½ id. DD, en las ventanas.
6)	3 «	9 »	18	0	Declivio de 9 pulgadas arcos abocelados de 4 pulgadas de grueso en las ventanas.

	56	8	396	4	1 ladrillo de grueso en el muro moldurado de remate hácia el Oeste con 14 piés en su mayor altura.
2)	32	0	64	0	Por la labor de las rampas de id.
	13	0	63	0	1 ladrillo DD, en media ventana de dicho muro.
	21	0			
	»	»	24	6	Declivio de 14 pulgadas de un arco acanalado sobre dicha media ventana.
N. 14					Por la labor y colocacion de umbrales de ventanas &c. &c.
					Sacado del libro de extractos N. 5 pág. 60.

493. La obra á que se refieren los asientos y relacion antecedentes, es la adicion de tres muros á un edificio, que vino á componer la cuarta parte de la nueva obra; por consiguiente constaba de tres muros nuevos, uno á la parte del Sur, otro á la del Norte y el tercero al Oeste. El largo neto de dicha obra adicionada, era como aparece, de 56 piés 8 pulgadas, y de 31 piés 9 pulgadas de ancho. Puesto que las medidas se empiezan á contar desde lo bajo del edificio, las primeras dimensiones que han de tomarse son las del pié ó cimiento del muro mayor ó pared maestra que constan de 58 piés, 6 pulgadas de largo por 1 y 6 pulgadas ó 6 hiladas de alto y 4 ladrillos de grueso, segun está asentado al principio del libro de medidas. Los cimientos disminuyen y se reducen á $3\frac{1}{2}$ ladrillos, por lo tanto es una dimension por separado de 58 piés de largo y 9 pulgadas de alto; sigue el cimiento en disminucion y se reduce á 3 ladrillos, que del mismo modo se asientan poniendo 57 piés por 6 pulgadas de alto en 3 ladrillos. Toda esta obra va por debajo de tierra y oculta; y consiguientemente debe medirse antes de cubrirla con la tierra que ha de ocultarla á la vista. A los cimientos sigue la parte inferior ó basamento del primer cuerpo, el cual tiene de largo 56 piés y 8 pulgadas, por 11 piés 2 pulgadas en $2\frac{1}{2}$ ladrillos, hasta la primera retreta ó línea desde donde el grueso del muro principia á disminuir. Aquí se toman las dimensiones como si fuera de igual grueso en todas sus partes, aunque no es así porque se ha construido con entrepaños (§. 468) cada uno de 6 piés 6 pulgadas de alto, y 4 piés 10 pulgadas de ancho, que presentan un remetido de medio ladrillo, y como los entrepaños son cuatro se asientan las dimensiones de este modo 4): $\frac{6}{4}\ \frac{6}{10}$ en medio ladrillo DD, con lo que se demuestra que el producto de esta dimension se multiplica por 4, y DD indica que el producto que se obtenga por esta operacion y medio ladrillo de grueso, debe deducirse del total de $2\frac{1}{2}$ de la obra que acaba de medirse, pues DD es la marca con que se denota deduccion ó sustraccion. Cada entrepaño vá superado de un hueco de forma semicircular casi pasante en el muro de $2\frac{1}{2}$ ladrillos, con el objeto de aligerar el cuerpo ó piso inferior; de aquí es que resultan 4) 4 piés y 10 pulgadas en $2\frac{1}{2}$ ladrillos DD, de 4 semicírculos, con lo cual se demuestra que el área de un semicírculo de 4 piés 10 pulgadas de diámetro, debe buscarse en piés cuadrados y deducirse por $2\frac{1}{2}$ ladrillos de grueso del muro compuesto del mismo número de igual material. Cada hueco semicircular lleva por remate ó adorno un arco acanalado (Véanse estos arcos en el capítulo que trata de esta materia) que se valúa arreglado á la medida superficial, lo que se consigue doblando las varas de medir por la parte de adentro de dichos arcos, que dán cada cual el largo de 7 piés 6 pulgadas, como se ve en la segunda columna, los que han de multiplicarse por 9 pulgadas, ancho del arco, el cual tiene 4 pulgadas ó medio ladrillo de grueso. No se hace deduccion alguna de la cantidad de la obra de ladrillo ordinaria por estas 4 pulgadas de obra, que aparecerá como si se hubieran computado dos ocasiones, mas realmente no es así; las 4 pulgadas del arco acanalado se incluyen en la medida general de la obra, proviniendo esto de que la superficie del arco se mide solo por medida superficial, sin atender al grueso. Se concede una gratificacion por la mano de obra en la medida superficial de los tales arcos, mas no por la obra sólida; y como estos arcos se reproducen cuatro veces, siendo todos de un mismo tamaño, la dimension 7 piés 6 pulgadas, la precede el número 4) colocado en la primera columna de la izquierda, con lo que se demuestra que la dimension ha de multiplicarse cuatro ocasiones. Las tres dimensiones siguientes son todas de un mismo largo, y corresponden á los cimientos de los muros del Norte y del Sur, los cuales se han medido separadamente con la vara, y habiéndose encontrado iguales, no ha habido necesidad de asentar dos ocasiones la

misma medida, sino que vá precedida del número 2) colocado en la primera columna, con lo que se demuestra que se ha de multiplicar por 2, como ya se dijo en otro lugar (§. 448). La misma observacion es aplicable á la dimension que sigue de 29 piés 6 pulgadas por 11 piés y 2 pulgadas, que hacen el largo y alto de los muros del fondo, desde abajo hasta el primer piso ó la primera retreta; mas se verá que hay dos deducciones que hacer de dos y medio ladrillos en el muro del Sur, tales son la del hueco de una puerta, y el de una ventana que se hallan en este, como se expresan por las dimensiones 9 piés 6 pulgadas por 8 y 6, y 4 piés 6 pulgadas por 3 y 3; y á estas siguen las dimensiones únicas de 5 piés y 12 piés, que son el largo de los dos arcos acanalados sobre los huecos, y con los cuales se ha de hacer la misma operacion que con las antecedentes.

Las dos dimensiones que á continuacion se expresan dán los altos y largos de tres muros exteriores, uno de los cuales se computa dos ocasiones tomadas separadamente, porque estos muros son mas delgados que los precedentes, pues solo tienen uno y medio ladrillos de grueso. Hállanse en estos muros seis ventanas, cuyas partes superiores son arqueadas ó semicirculares; por consiguiente cada ventana requiere dos distintas dimensiones, á saber: 10 piés y 6 pulgadas de alto por 5 piés de ancho por la parte mas baja ó parte rectangular, y una sola dimension de 5 piés, que es el diámetro de la parte superior ó semicircular. A estas dimensiones las precede el número. 6) porque el tamaño de las ventanas se reproduce seis veces, y lo mismo sucede con los arcos acanalados semicirculares que las rodean: siguen á estas otras dos dimensiones (á la última la precede el 2) que son las de los tres muros del cuerpo ó piso superior, que pudieron haberse tomado juntos con las dimensiones del inferior, pues que en él no hay retretas y tambien tiene uno y medio ladrillos de grueso; mas se hizo esta separacion por la mayor facilidad que habia en tomar el alto de aquel piso desde una de las ventanas. Así los primeros muros como los últimos, contienen seis huecos para recibir el aire ó llámense ventiladores; mas como estos son planos por la parte de arriba en vez de ser arqueados, y son todos iguales, pueden por consiguiente expresarse por medio de un solo asiento y es este 6) $\begin{smallmatrix} 4 & 0 \\ 2 & 3 \end{smallmatrix}$, lo mismo que las seis ventanas 6) 5 piés 3 por 3 piés 6 pulgadas. Por lo que toca á los seis arcos acanalados colocados sobre estas, cada una de 3 piés y 9 pulgadas de largo, no hay que hacer ex-

plicacion alguna despues de todo lo dicho con respecto á ellos.

El último muro por medir es la pared apiñada con que concluye el muro de Oeste, y solo tiene un ladrillo de grueso. Esta no tiene mas que una dimension, cual es la de 56 piés 8 pulgadas, que es todo el largo de la fábrica; mas en la columna de advertencias de la derecha, se hace mencion de ella como de una obra moldurada triangular de un ladrillo de grueso, que en su centro se eleva á la altura de 14 piés. Una pared apiñada ó piñonada, lleva siempre una forma triangular, por consiguiente esta porcion de muro viene á ser un triángulo cuya base es de 56 piés 8 pulgadas de largo y de 14 piés de alto. Cada lado inclinado de este muro triangular tiene 32 piés: así pues 2) 32 ó 32×2 dará la cantidad ó el largo del corte ó rebajo de las rampas de este muro (§. 470), para que concuerde ó venga á nivel con el declivio del tejado. Por último, hay en dicho fronton una ventana semicircular de 13 piés de diámetro, que debe deducirse de este muro de un ladrillo de grueso, despues de lo cual hay que agregar la superficie de un arco acanalado de 14 pulgadas, con lo que se completa la medida de la obra. Hay catorce umbrales de piedra en las diferentes ventanas, á cada uno de los cuales se le puso su precio arreglado á su tamaño y largo.

494. La siguiente es una corta muestra del órden de asentar las partidas en el libro de medidas, las cuales son mayores cuando las obras son de mas extension. Debe advertirse que cuando se toman las medidas y estas van asentándose, no se hace cuenta con la tercera columna que se deja en blanco; mas una vez concluida la operacion debe procederse á cuadrar las dimensiones en papel ordinario, ó en una pizarra, y los resultados que se obtengan son las cantidades que han de trasladarse á la expresada columna. De modo que si se multiplica la primera dimension 58 piés y 6 pulgadas, por 1 pié y 6 pulgadas, el producto será 87 piés y 9 pulgadas que se sienta en la tercera columna, y lo mismo se hace con las tres dimensiones siguientes. La quinta partida es de 6 piés 6 pulgadas por 4 piés y 10 pulgadas; y su producto es de 31 piés y 5 pulgadas; á esta dimension precede el núm. 4) colocado en la primera columna, lo que demuestra que debe multiplicarse ó reproducirse 4 ocasiones, y el resultado 125 piés 8 pulgadas se sienta por consiguiente en la tercera columna, haciendo la misma operacion con la sexta y sétima partida. La octava, novena, décima y undécima á las que precede el núm. 2), se duplican por las mis-

*

mas razones que las antecedentes, antes de asentarlas en el libro: y pues que las dimensiones decimasegunda y decimasexta no tienen coeficiente ó multiplicador determinado, se consideran como cantidades simples y consiguientemente se asientan como si fueran sus resultados; pero la decimaoctava, decimanovena y vigésima se multiplican por 6, y así sucesivamente con las que siguen.

495. Bajo este órden se llena la columna tercera del libro, y despues se subdividen las partidas que se hallan en ella ó se separan en distintas columnas, expresando cada cual la misma clase de trabajo, cuya operacion se llama extractar las dimensiones, y se verifica en un libro aparte preparado para el efecto que se distingue con el nombre de *Libro de extractos*, y en el cual se forman cierto número de columnas verticales, que se llenan escribiendo en ellas separadamente una misma especie de trabajo, y en la columna adjunta á la que expresa en particular cualquiera de estas variedades de obra, se colocan las deducciones que de ellas resultaren, las que se encabezarán como corresponde y del modo que se manifiesta en el ejemplo siguiente.

496. Extracto *de la obra de ladrillo ejecutada en el Colegio de Medicina de Jefferson en Filadelfia, segun las medidas tomadas el* 27 *de Julio de* 1832, *cuyas dimensiones se hallan asentadas en el libro de medidas número* 40 *desde la página* 1.

4 ladrillos.	4 ladrillos. D. D.	$3\frac{1}{2}$ ladrillos.	3 ladrillos.	$2\frac{1}{2}$ ladrillos.	$2\frac{1}{2}$ ladrillos. D. D.	$\frac{1}{2}$ ladrillo. D. D.	2 ladrillos.
87 9 88 6 » »	» » » » » »	43 6 44 3 » »	43 1 44 3 » »	632 7 649 0 » »	36 8 80 9 14 8	125 8 » » » »	906 8 944 0 » »
176 3	» »	87 9	87 4	1281 7 132 1	132 1	» »	1850 8 371 10
				1149 6			1478 10

2 ladrillos. D. D.	$1\frac{1}{2}$ ladrillos.	$1\frac{1}{2}$ ladrillos. D. D.	1 ladrillo.	1 ladrillo. D. D.	Superficie de arcos acanalados.	Rebajo ó corte de las rampas.	Umbrales asentados.
315 0 56 10	637 6 665 9	54 0 113 3	396 4 » »	63 0 » »	22 6 3 9 9 0	64 0 » »	N. 14
371 10	1301 3 167 3	167 3	396 4 63 0		29 3 18 0 24 6		
	1134 0		333 4		107 0		

497. No hay que parar la atencion en cuanto al órden de las columnas que se formen en el libro de extractos, pues el mas comunmente usado para el asiento es tomar las dimensiones segun están en el libro de medidas, y trasladarlas al de extractos encabezando antes la columna en que se han de colocar, cuando por primera vez ocurre algun grueso distinto ó particular, y despues se asientan todas las repeticiones de la misma obra en una misma columna á medida que vayan apareciendo. Así, pues, el libro de medidas principia con 87 piés 9 pulgadas de obra 4 ladrillos de grueso, por consiguiente el libro de extractos se encabeza con «4 ladrillos,» y la dimension de 87 y 9 queda sentada en la columna debajo de estos. La columna que sigue á la derecha, vá encabezada con «4 *ladrillos*» D. D., y quiere decir que hay que hacer deducciones de 4 ladrillos, las cuales no aparecen en el ejemplo, y por consiguiente la columna queda en blanco, pues que solo se ha introducido en este lugar con el objeto de demostrar el puesto que ha de ocupar. La dimension que sigue es la de 43 piés 6 pulgadas en $3\frac{1}{2}$ ladrillos; de consiguiente se encabeza de este modo la tercera columna, y el total se sienta en ella; ejecútase lo mismo en la cuarta columna que contiene la tercera dimension de 43 piés y 1 pulgada en 3 ladrillos; y como no hay deducciones que hacer ni en los $3\frac{1}{2}$ ó 3 ladrillos de la obra, se han dejado de poner las columnas de deducciones. Encabézase con $2\frac{1}{2}$ la quinta columna para cuya dimension se destina; mas el ejemplo ofrece dos distintos modos de deducir por la variedad de obra, á saber: uno deduciendo solo medio ladrillo de

grueso, y otro el de todo su grueso; por consiguiente son de necesidad en este caso dos distintas columnas de deduccion, una de las cuales se encabeza «$2\frac{1}{2}$ *ladrillos* D. D.», y la otra «$\frac{1}{2}$ *ladrillo* D. D.» De modo que cada clase de obra, y su correspondiente deduccion se colocan en columnas separadas y en el lugar que les pertenece, para que las dimensiones del libro de medidas queden clasificadas y en buen órden: despues se suma separadamente cada columna, y el producto será la cantidad total de cada clase de obra en particular; así es que aparecen 176 piés 3 pulgadas de obra superficial de 4 ladrillos de grueso, y 107 piés superficiales de arcos acanalados &c. en toda la fábrica. Cuando hay que hacer deducciones, la suma de estas ha de sustraerse de la cantidad de igual especie de obra, por lo que figuran en la quinta columna 1281 piés y 7 pulgadas superficiales de obra de $2\frac{1}{2}$ ladrillos de grueso; mas como la cantidad que aparece en la columna de los $2\frac{1}{2}$ ladrillos D. D. es de 132 piés 1 pulgada, cuya suma debe sustraerse de 1281 piés 7 pulgadas, será el resultado 1149 piés 6 pulgadas de obra, que habrá que abonar. Lo mismo sucede en las columnas sétima, novena y duodécima, cada una de las cuales tiene respectivamente 2 ladrillos, $1\frac{1}{2}$ ladrillos y 1 ladrillo.

498. Despues de clasificar las varias especies de obras, la otra operacion que hay que hacer es reducirlas todas á un grueso comun de $1\frac{1}{2}$ ladrillo para reducir la obra á la medida de varas, y la regla para la reduccion es multiplicar las medidas superficiales por el número de medios ladrillos de que consta el grueso de la obra, dividir luego el producto por 3, y se tendrá la superficie comun ó que ha de regir, ó la medida por perchas.

La primera cantidad del libro de extractos, es 176, 3: esta pues, debe multiplicarse por 8, porque la obra es de cuatro ladrillos ú ocho medios ladrillos de grueso, y el producto dividirse por 3 de este modo:

176 piés 3 pulgadas $\times 8 = 1410 : 3 = 470$ piés superficiales.

La segunda cantidad, que es de 87 piés 9 pulgadas en $3\frac{1}{2}$ ladrillos, se multiplica por 7 (medios ladrillos) y se divide por 3.

87 piés 9 pulg. $\times 7 = 614$ piés 3 pulg. : $3 = 204$ piés 9 pulg.

La tercera cantidad 87 piés 4 pulgadas en 3 ladrillos, hay

que multiplicarla por 6 para dividirla; mas debe advertirse en este lugar que cuando el grueso de un muro es igual al múltiplo de grueso establecido, puede simplificarse la operacion, pues solo hay que multiplicar la superficie dada en el libro de abstraccion por el número de veces del grueso establecido que contiene la obra, y consecuentemente el producto será la reduccion. Así, pues, una obra de 87 piés y 4 pulgadas y 3 ladrillos de grueso, es evidentemente igual á dos veces la cantidad de $1\frac{1}{2}$ ladrillos de grueso; ó de otro modo, el grueso establecido es el duplo del grueso del muro; por consiguiente no hay mas que duplicar esta dimension ó multiplicarla por 2, que hacen 174 piés 8 pulgadas de obra reducida.

La quinta columna expresa gruesos de $2\frac{1}{2}$ ladrillos, los cuales deben multiplicarse por 5 (medios ladrillos).

La sétima columna, gruesos de $\frac{1}{2}$ ladrillo; por consiguiente no hay que multiplicar, sino que se divide la cantidad en globo y toda á la vez por 3, porque el grueso de $\frac{1}{2}$ ladrillo es igual solo á $\frac{1}{3}$ del grueso establecido.

Las columnas octava y novena, gruesos de 2 ladrillos; estos se multiplican por 4 y se dividen por 3.

La décima y undécima, de ladrillo y medio; y con ellos no hay necesidad de operar, pues que la medida superficial es la misma que el grueso establecido desde el principio.

Las columnas decimasegunda y decimatercera, de un ladrillo; y por consiguiente igual solo á $\frac{2}{3}$ del grueso establecido. Se deben, pues, tomar $\frac{2}{3}$ de la cantidad medida; y el mismo resultado se consigue multiplicando por 2 la cantidad medida, y dividiendo el resultado por 3.

Las decimacuarta, decimaquinta y decimasexta no necesitan explicacion. La decimacuarta expresa la medida superficial de todos los arcos acanalados repartidos en la fábrica: la décimaquinta la medida lineal de todos los rebajos ó cortes de las rampas; y la decimasexta el número de umbrales de piedra colocados en las ventanas. Los primeros deben valuarse á razon de un tanto por pié superficial, los segundos por piés corrientes, y los terceros por piezas.

499. Reducidas todas las dimensiones á ladrillo y medio de grueso, se suman seguidamente estas cantidades, y la suma será el número de piés superficiales del grueso reducido; y si este se divide por 272 dará el número de perchas ó unidad de medida de

que consta la obra. El sobrante (si quedare alguno) se vuelve á dividir por 136 ó 68, para obtener medias y cuartas partes de aquella medida, y el último resto serán piés superficiales, por cada uno de los cuales se abona la 272 ava parte del valor de una medida entera de obra.

500. Por las observaciones que anteceden debe deducirse que se rebajan los huecos de ventanas, puertas, y otros que se hicieren en las paredes; mas no se hace rebajo ó deduccion alguna por los enlaces de madera, ó los pequeños huecos que se dejan para recibir las cabezas de los cuartones ú otras maderas. Tampoco se hace deduccion alguna por los huecos de las chimeneas y cañones de estas, cuando se avalúa una obra en que se incluye la mezcla y el trabajo, ó este por sí solo, pues esta falta se considera suficientemente compensada con el trabajo y tiempo que se invierte en su construccion. Mas cuando las obras se hacen poniendo el operario los materiales, debe deducirse la porcion de estos que se considere necesaria para llenar aquellos.

501. El avalúo de las obras de ladrillo se verifica del modo siguiente:

En Lóndres se suponen á la pértica de obra reducida de ladrillo, 4500 de estos como cantidad suficiente para compensar cualquier desperdicio: 37½ fanegas raseras de cal viva, y 54 con colmo ó 66 raseras de arena.

El jornal de un oficial y un peon para amasar la mezcla, conducir y facilitar materiales, junto con el servicio de andamios, escaleras, herramientas &c. se calcula por una y otra cosa á razon de 10 pesos por percha en las mejores obras; por consiguiente, conocido el valor de la mano de obra y el de los materiales, puede obtenerse el costo neto, al que se agrega un 15 p.°/₀ en beneficio del maestro. Puesto que los ladrillos de los Estados Unidos son mas pequeños que los de Lóndres, se necesita por este motivo formar mayor número de juntas, como asimismo emplear mas ladrillos en las obras de igual volúmen. Segun las observaciones del que escribe, esta diferencia varía en las obras de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{4}$.

502. El órden que generalmente se sigue en los Estados Unidos en los ajustes y pago de obras, es á razon de un tanto por el asiento de 1000 ladrillos, y si por medida, esta se verifica en piés cúbicos, y se avalúan arreglándose al mérito y naturaleza de la obra. Las noticias concernientes á la materia y que á continuacion se insertan, pueden servir en la avaluacion de obras (nota 98):

	Ladrillos.
Un oficial, ayudado de un peon, puede asentar en un dia en los muros interiores	1200
En los exteriores con juntas bruñidas	1000
En muros de fachada con paramentos por la parte exterior é interior	500
En arcos, bóvedas, subterráneos &c.	750
En pisos enladrillados, inclusa la nivelacion del terreno.	2000

Con un tonel de cal (3½ fanegas) y dos carretadas de arena (27 fanegas), se hace la mezcla suficiente para asentar 1000 ladrillos.

Diez y siete ladrillos de Lóndres, ó 22 de Filadelfia, asentados con mezcla, componen 1 pié cúbico de obra.

El valor de las obras calculado por el asiento de 1000 ladrillos en los muros interiores ó divisorios y con juntas sin bruñir, es aproximadamente, así en Nueva-York como en Filadelfia, el siguiente:

	Pesos.	Centavos.
Por 1000 ladrillos comunes puestos en la obra.	5	75
Por un tonel de cal buena id.	1	12½
Por dos cargas de arena id.	»	50
Por el jornal de un oficial por tres cuartos de dia.	1	12½
Por id. de un peon por id.	»	75
Por el servicio de andamios y herramientas	»	12½
	9	37½
Gratificacion	1	62½
SUMA	11	00

ú 11 pesos por 1000, que hacen 46 piés cúbicos á 26 centavos el pié.

Por la obra de ladrillo en la construccion de muros bien acabados con juntas bruñidas.

	Pesos.	Centavos.
Por 100 ladrillos duros comunes puestos en la obra	5	75
Por un tonel de cal de la mejor calidad	1	50
Por dos cargas de arena	»	50
Por el jornal de un oficial de un dia	1	50
Por id. de un peon de id	»	87½
Por el servicio de andamios y herramientas	»	12½
	10	25
Gratificacion	1	75
SUMA	12	»

ó 12 pesos por 1000, que hacen 46 piés cúbicos de obra á razon de 26 centavos el pié.

Los precios son los mismos en la construccion de bóvedas y arcos, con la diferencia de que al oficial se le abona uno y un cuarto de dia. Y en los muros bien construidos y mas perfectamente bien acabados, el oficial y peon necesitan ambos tres dias para asentar 1000 ladrillos.

Un pié superficial de paramento en los frentes consta de 8 ladrillos.

En 1 vara superficial ó 9 piés cuadrados de enladrillado se invierten 42 ladrillos.

Con 1 fanega de mezcla romana ó hidráulica, misturada con 2 de arena limpia y fina, se asientan 150 ladrillos, ó se pueden cubrir ó repellar 4 varas cuadradas de obra de ladrillo.

Y como ya se ha dicho en otro lugar, 306 piés de obra de ladrillo componen 1 pértica de obra reducida, arreglado al grueso establecido. Muy rara vez se recurre á la medida en las obras que han de sufrir un fuego constante y fuerte, porque estas se ejecutan con suma escrupulosidad y delicadeza, y por lo tanto el trabajo se abona por dias. Lo mismo sucede cuando se hacen obras pequeñas que no pueden verificarse en órden progresivo y regular, ó en las que se requiere mas trabajo y cuidado que el ordinario, v. gr. en el *recalzo* de los muros, porque esta operacion se lleva á efecto construyendo á la vez varias porciones de pared sacadas desde el cimiento con direccion hácia arriba hasta unirse con el cuerpo del edificio construido con el objeto de mantenerlo ó sostenerlo en pié. Cuando los cimientos de una casa han quedado defectuosos, se renuevan por medio de esta operacion; se desbarata una parte del muro viejo, y se reemplaza con obra nueva, bien acuñada, antes de proceder á nuevo desbarate en lo restante de la fábrica vieja.

Con los datos y demas particulares que anteceden, se cree que no se ofrecerán dificultades en la medida y avalúo de una obra de ladrillo de cualquiera clase ó tamaño.

SECCION III.

De la carpintería.

503. La carpintería es el arte de cortar ó dividir las maderas, arreglarlas y acomodarlas en piezas para los usos de la arquitectura, construccion de máquinas, y en general para toda estructura de entidad, á cuya obra se le dá el nombre de *construccion de madera.* La carpintería comprende toda obra de madera, pero hay que ocurrir con frecuencia á los metales, y principalmente al hierro para grapas, tornillos, cuñas &c. que sirven para dar mas firmeza á la obra. Por supuesto, el carpintero no tiene que entender en la fábrica de estos artículos, pero es obligacion suya emplearlos cuando convenga y en el lugar que corresponda.

504. Divídese la carpintería en dos distintos ramos, á saber: en el propiamente dicho así, y en el de ensambladura: llámase á los operarios de la primera *carpinteros*, y á los de la segunda *ensambladores*; mas los dos ramos casi siempre van unidos y se saben y desempeñan por un mismo individuo. La carpintería es el arte de construir ó de arreglar las piezas de madera de modo que produzcan fuerza y resistencia, estabilidad y duracion, sin atender al pulimento ni á la finura de la obra, y solo sí á las juntas ó partes por donde van unidas, dejando el resto en el mismo estado en que

se hallaba cuando vino del taller ó aserradero. Al contrario la ensambladura, es el arte de unir y arreglar piezas pequeñas muy bien labradas, trabajadas, y perfectamente acabadas, aplanando las superficies, haciendo molduras y otros adornos en las obras donde se requiere mas lucimiento y vista que firmeza. Al trabajo del carpintero sigue generalmente el del ensamblador, para ocultar los defectos que aquel haya dejado en la obra. Así, en una casa de madera, todo lo que sea colocar postes, horcones ó pilares para formar la parte exterior y las divisiones internas, las viguetas sobre las cuales se han de poner los pisos, la construccion y preparacion de techos para colocar la teja ú otra cubierta, corresponde á la obra de carpintería; mas la construccion y colocacion, á que llaman *montar*, de las puertas, marcos de ventanas, vidrieras, romanas, entrepaños, y aun la operacion de aviar y aplanar los pisos de madera, se distingue con el nombre de ensambladura. Parece pues consecuente, que siendo el gusto combinado con la ejecucion delicada en las obras, la que debe distinguir al buen ensamblador, el carpintero á mas de estas cualidades, debe reunir los conocimientos suficientes y necesarios para juzgar la fuerza y resistencia que deben tener los materiales de que se vá á servir, como asimismo no deberá ignorar los efectos que causan el peso ó la presion de las piezas separadas, cuando reunidas obran las unas en contra de las otras; debe saber el modo de compartir estas fuerzas de suerte que produzcan el mejor efecto, y unir las piezas en tal conformidad que se consiga la mayor resistencia con una cantidad dada de material. De suerte que de los dos ramos la carpintería es la que sobresale y goza mas preeminencias, pues la carpintería científica es una de las aplicaciones mas hermosas de los principios de la filosofia mecánica, para los usos útiles y provechosos de la vida humana.

505. En Inglaterra han introducido los ingenieros una tercera clase de obreros, que ademas de las cualidades que adornan al carpintero y ensamblador, reune conocimientos mas extensos y son mas versados en sus operaciones: llámase á estos, *constructores de molinos ó maquinistas*. Los carpinteros que estan acostumbrados á construir casas y otras fábricas comunes, trabajan por lo regular en líneas rectas, y sus obras han de permanecer siempre en el mismo lugar; por consiguiente es de inferir que no estén tan diestros en la ejecucion de obras curvas, ni tan bien informados de la resistencia y otras cualidades que deben constituir á aquellas que han

de moverse, como los que se han dedicado casi exclusivamente á esta especie de construccion. Un carpintero capaz de formar una excelente casa, puede muy bien quedar mal en el primer ensayo que haga en la construccion de una rueda de carruaje, y con mayor motivo en la formacion perfecta de las ruedas de un molino de agua, en su colocacion, y en la construccion de las ruedas dentadas, á las que aquella ha de dar movimiento. Estos conocimientos están reservados en particular á los constructores de molinos ó maquinistas, á los cuales desde el principio se les instruye y educa para esta especie de trabajos. Son generalmente carpinteros perfectos; mas un buen maquinista debe tambien desempeñar un lugar en la fragua ó en el torno, é igualmente deberá formar con la mayor exactitud y prolijidad los puntos ó dientes que han de moverse unos en otros al menor impulso ó friccion, y últimamente debe conocer la maquinaria hidráulica. Cuando en Inglaterra se construye un molino ó establecimiento manufacturero, la fábrica exterior sola se encomienda á simples albañiles, carpinteros y otros trabajadores á quienes es costumbre dar este encargo; mas llámase al maquinista para armar y colocar las máquinas de vapor, las ruedas de los molinos de agua, ú otras máquinas que hayan de servir para operaciones mecánicas. Estos operarios son muy escasos, y tanto por esta circunstancia, como por su destreza y habilidad, cuando son buenos, se les asigna un salario mucho mayor que á ningun otro artífice de los que se dedican al arte de construir (nota 99).

506. Pues que los conocimientos de carpintería le son al ingeniero mucho mas útiles y provechosos que los què pudieran serle los de ensambladura, todas las observaciones que se hagan en adelante se limitarán casi exclusivamente á aquel ramo. Se funda la teoría de la carpintería en dos distintas partes de la mecánica, á saber: en el conocimiento de los impulsos á que están expuestas las construcciones de madera, y en el de sus fuerzas relativas. Lo primero debe investigarse en las leyes mecánicas que regulan la composicion y resolucion de las fuerzas, y lo segundo puede deducirse de los principios ya establecidos en la seccion III del capítulo II.

507. Hé aquí un ejemplo bien sencillo. Supóngase que un cuerpo ó parte de él se comprime á la vez en las dos direcciones *ab*, *ae*, (figura 70, lámina 4ª); si la intensidad ó fuerza de estas presiones está en proporcion á estas dos líneas, el cuerpo se afecta del mis-

mo modo que si lo comprimiera una sola fuerza que obra en direccion de *ad*, que es la diagonal del paralelógramo *abdc*, formado por las dos líneas, y otras dos paralelas á estas; y la intensidad de la fuerza representada por *ad*, estará en proporcion con la intensidad de cada una de las otras dos, como lo están *ad*, á *ab*, ó á *ac*. Se explicará esto con mas claridad; supóngase que *ab* y *ac*, sean dos palos ó varas de madera sostenidas por los puntos *b* y *c*, mientras que hácia el punto *a* están en contacto, y que á estos se les aplique un peso en el punto *a*; la doble fuerza para resistir dicho peso, será como *ad*: por consiguiente, mientras mas largo se dé á *ad*, mayor será la resistencia que ambas adquieran. Mas *ad* solo puede prolongarse disminuyendo el ángulo *bac* ó haciéndolo mas agudo, y el máximo de la prolongacion ocurrirá cuando *ab*, y *ac* se pongan en contacto sin formar ángulo de ninguna especie ó uno infinitamente pequeño, en cuyo caso *ad* sería igual al largo de una y otra, y la presion se ejerceria en direccion de su largo, ó en la posicion mas favorable para ejercer la fuerza. Mas al contrario, si el ángulo es muy obtuso, como en la figura 71, la diagonal *ad* se acorta y su resistencia se disminuye proporcionalmente hasta que el ángulo llega á abrirse tanto que los lados forman una línea recta, y en esta posicion desaparece todo poder de resistencia y no podrá sostener su propio peso, pues que se suponen desembarazados ó no enlazados entre sí, ó á puntos que sostengan sus extremos. Puede pues establecerse como principio general, que mientras mas abierto ú obtuso es un ángulo contra el cual se emplea alguna fuerza, mayor es el impulso que reciben los puntales, tornapuntas ó enlaces que forman los lados del ángulo.

508. Llámase *puntal* en la carpintería á cualquiera pieza de madera que se somete á la compresion en el sentido de su largo, y que por consiguiente obra y se hace efectiva por su tesura. El tirante es al contrario una pieza sujeta á una fuerza extensiva, ó una cuerda que en defecto de dicha pieza sirva para los mismos fines á que aquella se destina. En las armazones ó construcciones es muy dificil distinguir á primera vista, si una pieza de madera es puntal ó tirante; mas esto se decide con solo la consideracion de si se se puede ó no suplir estas piezas con una cuerda ó cadena flexible; y si estas al parecer no sirven para el efecto, se sabe que son puntales.

509. Las combinaciones de la presion son de tan alta importancia que se hace necesario examinarlas mas detenidamente por

medio de algunos ejemplos prácticos. Así, pues, supóngase una viga recta *ba* (figura 72) empujada en direccion de su largo por una fuerza ó peso *b* y en contacto inmediato con los extremos *a* de las viguetas *ac*, *ad*, y que los opuestos *c* y *d* encuentran una fuerte resistencia y descansan sobre dos trozos aunque no estén adheridos ó sujetos á ellos: estas dos viguetas no pueden oponer resistencia de otro modo que en las direcciones *ca*, *da*, y por consiguiente la presion que ellas reciben de la viga y del peso *ba*, están en las direcciones *ac*, *ad*. ¿Se desea saber cuánto sostiene cada una? Trasládese *ba*, á *ae*, arreglando *ae* á una escala de partes iguales que representen el número de toneladas ó libras que comprimen á *ba*. Tírense las lineas *ef*, *eg*, paralelas á *ad* y *ac*; y si se mide *af* en la misma escala, se obtendrá el número de libras que impulsan ó comprimen á *ac*; y *ag* dará el impulso que recibe *ad*.

510. Debe advertirse que el largo de *ac* ó *ad*, no influye en la presion causada por el impulso de *ba*, mientras sean unas mismas las direcciones. Sin embargo, los efectos de este impulso se modifican por el largo de la pieza que los recibe. Este impulso comprime las viguetas, y por consiguiente comprimiria una viga de doble largo otros dos tantos mas; y esto puede hacer variar de forma á este conjunto. Si por ejemplo, *ac* es mucho mas corta que *ad*, aquella estará proporcionalmente menos expuesta á la presion. La línea *ca* girará sobre el centro *c*, mientras *da* apenas mudará de posicion, y el ángulo *cad*, será mas obtuso á causa de bajar mas el punto *a*. El artesano hallará de gran importancia la nímia atencion á semejantes circunstancias, para aprender á distinguir el cambio de forma que necesariamente debe resultar de los impulsos mútuos. A causa de tales cambios, se produce la presion en lugares donde antes no existia, y con frecuencia de la peor naturaleza, pues que tienden á partir las vigas por su medio. Para demostrar hasta el grado prodigioso que pueden llegar estos cambios de fuerza, aun en el caso de ser unos mismos los maderos, supóngase que una de las piezas que se representan en la última figura, se altere en su posicion relativa, como se indica por las líneas de puntos *a*D, de dicha figura. Este cambio acrecenta el impulso de ambas piezas, porque *ag* casi se duplica, y *af* vendrá á ser cuatro veces mayor que antes, pues que ahora *ef* debe ser igual á *e*F, para que esté paralela con *a*D. La diagonal *ae* no variará en largo; mas la línea *ef* se prolongará en gran manera, y de este modo se altera la proporcion que antes existia.

511. Hasta aquí se ha supuesto que la viga y el peso *ab* se hallan colocados sobre dos piezas de madera inclinadas, y que gravitan verticalmente en sus puntos de contacto; mas es evidente que el efecto de la presion no se altera si se quita dicha viga y el peso, y en su lugar se ata al punto *a* una cuerda representada por la línea *ae*, en cuyo extremo inferior se aplica un peso equivalente al de la viga y peso *ab*. Con respecto á la presion no ocurrirá alteracion alguna, y el paralelógramo *faeg*, con su diagonal *ae*, continuarán siempre representando sus fuerzas proporcionales. Puede considerarse que la mitad del paralelógramo ó triángulo *fae*, represente á aquel, pues que el lado *ae* es al lado *af*, lo que el peso *b* ó W es á la fuerza ó presion en la direccion de *af*; como tambien *ae* : *fe* :: peso á la presion en direccion de la viga *ag*. Mas no hay necesidad de suponer el tal peso *b* ó W y aplicarlo á las vigas, pues que por su propio peso se mantienen en su posicion, y este es al que con frecuencia debe atenderse.

512. Estos sencillos principios conducen desde luego á una consideracion sobre la construccion de los techos con que se cubren los edificios, pues aquellos se forman regularmente con maderos que se colocan en posiciones inclinadas, bajo un órden muy parecido al que se acaba de describir, y dispuestos así con dos objetos, á saber: para dar firmeza y solidez, y para dejar correr las aguas y la nieve, como se consigue por medio de este declivio.

513. Llámanse *pares* á los maderos inclinados ó que forman declivio. Los pares de uno y otro lado son por lo comun de un mismo largo, y se les dá igual inclinacion ó corte sesgado en los mismos ángulos, de modo que queden sus extremos encontrados ó union angular (llamada caballete), en la línea central, ó en medio de los muros sobre los cuales descansa el techo. Por este medio el peso de este, que es el único que tienen que resistir, se reparte en los dos pares opuestos, y en los dos muros que las sostienen, como se demuestra en la figura 73, en la que se ve que las dos vigas *k* y *l* se juntan en un punto ó en el caballete *m*, y los dos extremos opuestos descansan sobre los muros *nn*. Estos dos pares experimentan en todas sus partes y con igualdad los mismos efectos de la gravitacion; estos efectos pueden manifestarse valiéndose de una plomada ó de un cordel cualquiera, como *mo*, que se deja caer desde el caballete y forma ángulo recto con el horizonte; y si se tiran líneas paralelas á ambos pares desde cualquier

punto *p* en esta perpendicular, las *pk* y *pl*, iguales entre sí, demuestran que el impulso ó presion obra con igualdad en ambas vigas. Aun mas: la gravedad está de continuo haciendo sus efectos en dicho techo con tendencia á deprimirlo en direccion á *mo*, y esta estructura no puede ser, pues, firme y permanente, y dañaria la fábrica que la sostuviese, pues dado caso que dichos pares sean tersos é inflexibles, no cederian de otro modo sino dilatándose ó extendiéndose por el pié ó puntos inferiores *nn*; y si el peso del techo es mayor que la resistencia que puedan oponer los muros que lo sustentan, claro está que habria lugar á este efecto, y los muros y el techo vendrian á tierra; sin embargo, existen varios métodos, por cuyo medio se consigue dar á esta clase de estructuras solidez y firmeza. De ellos, dos se adoptaban constantemente cuando estaba en boga la arquitectura angular, generalmente denominada *arquitectura gótica*. El primero se reducia á la aplicacion de estribos ó contrafuertes por la parte exterior de los muros donde se formaban las expresadas construcciones de madera, dando así firmeza y solidez á los muros cuando el caso lo requeria, como se representa en la figura 64, en la que se ve que no hay nada que resista la expansion lateral de los pares *st* sino la firmeza del muro con el auxilio de su estribo, por cuya razon siempre se formaban agudos los ángulos del caballete.

514. El segundo método se reducia á colocar llaves para mantener sujetos ambos pares, las cuales venian á ocupar el lugar inmediato á su centro, como se demuestra en *g* (figura 74); y por ultimo se fijaba una viga horizontalmente desde uno al otro muro, en la que se introducian los piés ó extremos inferiores de los pares ó alfardas, segun se ve en *rr* (figura 75). Con esta operacion se consigue dar toda la mayor firmeza posible, pues cualquiera tendencia que tengan los extremos á ensancharse ó extenderse, se convierte en un impulso horizontal recibido por la viga *rr*, la que mantiene sujetas las alfardas, y hace desaparecer todo impulso que de otro modo recibirian los muros, los cuales solo resisten el peso que gravita sobre ellos. Si estos maderos atravesados ó llaves, se introducen por sus extremos en maderos escopleados para recibirlos y colocarlos horizontalmente á lo largo de los muros, servirán tambien para sujetar las dos paredes opuestas y mantenerlas á la distancia correspondiente. A esta viga, se da propiamente el nombre de *atadura tirante*, ó *lazo*, y convierte en un triángulo el todo ó parte de la armazon como se ve en *rsr*.

515. La forma triangular es la que mas resistencia promete en la construccion; por consiguiente es la que siempre debe procurarse dar á las maderas de cubiertas cuando se arreglan y colocan en las obras donde se requiere la mayor solidez y firmeza. Esto se comprenderá mejor si se recurre á la figura 76, la cual representa en *tu*, *tw* y *wu* tres tiras ó listones de madera unidos ó afianzados con tres clavos ó tornillos ordinarios, uno en cada ángulo, de modo que forman un triángulo de madera inmutable relativamente á su forma y figura; mas si se quita alguno de los clavos ó tornillos, v. gr., *w*, en este caso todo el conjunto se podrá mover, pues las piezas *tw* y *vw* podrán hacerse girar ó con ellas describir círculos completos en rededor de los tornillos que sirven de centros ó ejes, segun se demuestra en la figura por los círculos de puntos. Pero tan luego como se restituya el tornillo *w* á su lugar, ó se sujeten los extremos *w* de las dos piezas *tw*, y *vw*, este conjunto no podrá adquirir otra forma sino la inmutable que conserva en la figura. Ningun cambio ocurrirá en el ángulo *t* á menos que los extremos *wv*, se aproximen ó separen unos de otros, y esto está evitado con la interposicion de la pieza *wv*, que se supone inmutable en cuanto al largo: tampoco ocurrirá cambio alguno en el ángulo *v* por la accion de la pieza inmutable *tw*, y del mismo modo no habrá mudanza alguna en *w*, por la misma causa que lo impide se verifique en la pieza *tv*; por consiguiente, mientras que las tres piezas no varien de largo, la figura que con ellas se ha formado permanecerá siempre en este estado, aunque las juntas por donde están sujetas sean ejes en los cuales puedan dos piezas, cualesquiera que sean, revolverse en círculo antes de agregársele el tercer enlace.

516. Dedúcense de este sencillo principio dos de las reglas mas importantes que existen en el arte de construir con madera para la formacion de techos, á saber:

1ª Todas las maderas que se unen ó enlazan con otras, deben disponerse de modo que formen triángulos con los ángulos lo mas abiertos posible, segun lo permita la naturaleza de la obra.

2ª Se deben adoptar todas las precauciones para impedir que las vigas, maderas, alfardas ó pares que han de formar los lados del precitado triángulo, tomen vuelta cimbrándose, ó que por otros medios se alteren sus largos.

517. Con pocos ejemplos se demostrará la importancia de las reglas precedentes. Así una puerta de campo, tal como está repre-

sentada en la figura 77, consta por lo regular de dos piezas cuadradas y rectas de madera *a* y *b*, en las cuales van embutidas por sus extremos otras mas delgadas, y de tal modo dispuestas que formen una pieza rectangular, la cual gira sobre goznes fijados en el poste *e*. La pieza *a* se mantiene en su posicion, pues que la sostienen los goznes; mas la *b* está lo menos 6 ú 8 piés distante de *a*, á la que se halla sujeta solo por las piezas traviesas *c* y *d*, ó tal vez por otra pieza central entre aquellas dos. Siendo estas piezas de un peso de consideracion, y de mucha palanca á causa de su largo, y que nada las sostiene sino las espigas ó las juntas de los ángulos, es claro que el extremo *b* de la puerta hará descenso á pesar de la firmeza de las uniones ó juntas, y toda ella cambiará su forma rectangular adquiriendo la de un rombo, como demuestran en la figura las líneas de puntos; en consecuencia se arrastrará, rozará el piso ó suelo, y costará trabajo abrirla. Si se quisiese dar firmeza á la puerta clavando otras piezas verticales sobre las traviesas, esto solo contribuiria á aumentar el daño, pues que habia que sostener un peso mayor, mientras que las juntas, por ser rectangulares, estarian expuestas á volverse del modo que lo verifican las piezas que componen una regla de paralelas. Mas si se introduce un triángulo en el marco por medio de diagonales como *ab* (figura 78), sería imposible que el extremo *b* de la pieza traviesa superior *c* ceda ó caiga sin que esto produzca una compresion ó disminucion sensible en el largo de la pieza *ab*, que es una tornapunta ó madero sujeto á la presion longitudinal. Con su fuerza sostendrá igualmente la pieza vertical *b*, que tambien sostendrá en alto la pieza traviesa inferior *d*, y de este modo, si las juntas se mantienen firmes, ninguna de las partes de esta construccion cederá por efecto de la gravedad ó del peso.

518. El carpintero ignorante que sabe que estas riostras diagonales se emplean en las puertas ó rastrillos bien construidos, pero que no conoce la naturaleza de su accion, con frecuencia equivoca la verdadera posicion que aquellas deben llevar, como se demuestra en la figura 78, con solo la sencilla variacion de colocar los goznes en la pieza vertical *b* en vez de fijarlos en *a*. La riostra queda, pues, al revés en lugar de mirar hácia arriba, y convertida en enlace en vez de tornapunta, pues en esta posicion está sujeta á un impulso longitudinal de extension en vez de compresion, y de aquí resulta que puede suplirse con una cadena ó con una barra tersa de hierro. Ademas, como las juntas muy rara vez

tienen la misma firmeza que la madera sólida, en este caso se efectuaria la accion del tal impulso en aquellas que principalmente ceden por lo regular, y caen ó cambian de figura con tanta facilidad como si no llevasen riostras.

519. Es materia de gran importancia que la figura rectangular que se dá á las compuertas de las represas de canales se ejecute con escrupulosa exactitud; por lo tanto deben tomarse las precauciones necesarias en su formacion para lograr este objeto. La figura 79 representa una de estas; constan por lo regular de dos postes rectos *ef*; llámase á *f* la *cuña* ó larguero del quicio, y á *e* poste mitrado ó larguero del batiente de la hoja ó del traslapo, y ambos son dos piezas de madera gruesas y cuadradas que estan sujetas y unidas por barrotes ó peinazos horizontales ó travesaños ya ensamblados en aquellos, como se ve en *gggg*; la letra *i* señala el espigon ó trompo sobre que se mueve la compuerta; la parte superior del larguero del quicio se mantiene en su posicion vertical por un cepo y pieza plana de hierro que la rodea por el punto *k*. Por último, se cubre este marco ó armadura con tablones de roble ú otra madera fuerte, de 2 pulgadas de grueso *mm*, con el objeto de impedir la salida al agua. Esta compuerta debe ser muy pesada, y como quiera que el barrote ó peinazo del fondo *g'* se mueve casi tocando la tierra ó suelo de la represa, si la compuerta pierde su forma cuadrada por el descenso del larguero del traslapo, la parte de abajo arrastraria contra el suelo y no sería posible abrirla ó cerrarla; ademas está expuesta á otra contingencia, á saber, que algunas veces la compuerta queda casi toda cubierta de agua, y otras permanece algun tiempo seca, y como casi todas las maderas son mas ligeras que el agua, dicha compuerta se suspende ó impulsa hácia arriba por su tendencia á flotar cuando se la cubre de agua, ó queda pendiente cuando seca. Estas compuertas por su peso requieren una gran fuerza para moverlas, y para efectuarlo es preciso recurrir á la palanca, la cual ha de ser de tal naturaleza que sirva para dos objetos *distintos*, para obtener la expresada fuerza, y para mantener los postes en sus goznes. Llámase consecuentemente á esta palanca *viga de contrapeso*; comunmente se forma con el tronco entero de un árbol escuadreado por la parte mas delgada, y dejando el resto en su primera forma ó estado natural. Colócase del modo indicado en *nl*; el extremo *n* escopleado en la parte de adentro del larguero del traslapo, y viceversa el del quicio ensamblado en aquella, y el brazo ó extremo pesado *l* saliendo hácia afuera y á un lado de la represa, de cuyo modo desempeña la doble funcion de palanca y de contrapeso de la compuerta á que se aplica, agregando algunas piezas de hierro en el medio de *l* si no es bastantemente pesado, ó en caso contrario cortándole la porcion conveniente para aligerarlo. Por este medio se balancea y sostiene la compuerta, de modo que hace desaparecer toda tendencia á descender ó arrastrarse; los tablones se clavan en los peinazos y travesaños, comunmente en posiciones verticales; mas el autor prefiere la direccion diagonal, como se demuestra en *mm*, porque en este caso se convierten en otras tantas riostras diagonales que darán á la compuerta la firmeza y solidez necesarias para impedir se altere su forma.

520. Cuando se trata de construir edificios cuadrados de madera, lo primero que se hace es preparar cuatro soleras del largo correspondiente al tamaño que ha de tener aquel. En la parte superior de estas soleras se hacen escopleaduras para recibir las espigas del extremo inferior de los pilares de los ángulos y de los intermedios. Formadas ya las escopleaduras, se sientan estas soleras con mezcla y sobre un cimiento nivelado de ladrillo ó piedra, preparado de antemano para recibirlos, como se ve en la figura 80, en que *o* representa una solera, con sus postes angulares é intermedios colocados en sus respectivos lugares, y cuyos extremos superiores están igualmente ensamblados en una pieza de madera *p* colocada horizontalmente á que dán el nombre de *cumbrera ó solera alta*, y sirve para mantener las varias piezas verticales en sus posiciones paralelas. Mas si los postes angulares é intermedios están paralelos unos á otros, y forman ángulos rectos con la solera y cumbrera, de modo que aparezcan como una série de huecos rectangulares, no habrá en el conjunto firmeza ni solidez, y una fugada de viento ú otra fuerza de menos consideracion que obre contra el lado de esta fábrica, bastará para sacar de pié (aun cuando estuviesen bien forrados de tablas) todos los postes ó los hará perder sus posiciones verticales, y no pudiendo las espigas darles por mas tiempo la fuerza y resistencia suficiente, es muy probable que toda la fábrica venga al fin á caer en tierra. Mas si se aplican solo dos riostras diagonales á los lados opuestos de los postes del centro en cada lado de la construccion ó fábrica, en la forma que representan las líneas de puntos *r* y *s*, se introducirán triángulos en la construccion, y con ellos se dará estabilidad y firmeza, pues en este caso los postes del centro no pueden moverse hácia *s*, ó *r*, y co-

mo que estos no tienen movimiento, tambien quedará inmóvil la cumbrera p, y todos los postes que están ensamblados en ella obtendrán solidez y estabilidad con solo dársela únicamente á un paral ó pilar.

521. Esta disposicion no es siempre conveniente, porque puede ocurrir donde se necesite una puerta en el centro del edificio, y porque tampoco surtiria todo el efecto que se requiere como si se empleasen mayor número de riostras; pero mientras se siga el principio establecido, influye poco ó nada el modo de disponer dichas riostras, siempre que se coloquen en la posicion conveniente evitando todo ángulo agudo. A, B, C (figura 81) representan tres modos de colocar riostras diagonales en las construcciones, sin que tengan que encontrarse con puertas ó ventanas, distinguiéndose los postes medianeros señalados con líneas sencillas de las soleras, postes angulares y cumbreras que la llevan doble. En A se extienden las riostras hácia arriba con direccion á la cumbrera donde se juntan en un punto, y se tocan una con otra, de lo que resulta el triángulo hasta su tamaño mayor. En B solo están ligados los postes angulares, y en C los postes angulares medianeros y cumbrera estan enlazados, por cuyo medio se logra dar mayor resistencia para recibir un segundo cuerpo ó un techo pesado.

522. Ya se ha dicho en otro lugar (§. 516) que para dar la mayor firmeza y solidez á las construcciones, no solo deben formarse triángulos, sino que se ha de poner mucho cuidado en que los lados que los forman no tomen vuelta, se cimbren ó de algun otro modo se altere su largo. La madera no es propensa á variar de largo por causas naturales; por lo tanto, el gran objeto á que debe aspirarse es á impedir que las piezas tomen vuelta ó muden de forma, contingencia á que están expuestas aun por su propio peso si son largas, pero que bien se puede evitar por la posicion en que estén colocados los postes medianeros; pues cuando se emplean las riostras diagonales, el largo de los postes medianeros no sigue en una misma direccion en toda su longitud ó desde arriba abajo sino que en sus lados se cortan ángulos al sesgo, para introducir en ellos las riostras, en las que se clavan por la parte de arriba y de abajo, poniéndolos de este modo á nivel de dichas riostras, con lo que se impide que tomen vuelta. Esto no solo produce buen efecto, sino que tambien economiza madera, pues las piezas cortas y de distintos largos, que de otro modo serian inútiles, pueden emplearse en este objeto.

523. Los efectos producidos por la vuelta ó cimbra de la madera, ocurren muy rara vez en las construcciones de menor tamaño, en las que se puede obtener un grado de resistencia y de tesura determinado; pero acontecen constantemente en las grandes fábricas, donde se emplean maderas muy largas y pesadas, y por consiguiente expuestas á cimbrarse por su propio peso, ó con las cargas que sobre ellos se colocan. Supóngase pues, que en el techo de forma triangular que se representa en la figura 75 exista la llave *r*, *r*, tan larga que no pueda conservar su forma recta y adquiera la figura curva indicada por la línea de puntos *rtr*. Si para impedir este efecto se coloca un pilar ó puntal en el centro de dicha llave, puede este ser perjudicial al aposento que queda debajo, por lo que, en su lugar puede sustituirse una barra de hierro en figura de Y, como se ve en *s*, *t*, construida de modo que sus brazos, ó bien abracen, ó bien pasen por medio de los extremos superiores de las dos vigas ó pares *rs*, *rs*, mientras la parte inferior de dicha barra atraviesa de uno á otro lado por el centro de la llave, y en cuyo extremo se haya de antemano formado una rosca con su correspondiente tuerca *t*, para que pueda impulsarse hácia arriba la viga, dándola por este medio la forma que antes tenia. El peso del centro de la llave se traslada á las vigas ó pares *rs*, *rs*, cuyo impulso en vez de ser perpendicular se convierte en oblícuo, y si estas vigas son bastante fuertes y duras para resistir este peso sin doblarse, puede estarse seguro y confiar en la estabilidad y duracion de la obra por este medio que se llama *braguero ó ligadura*, ó construccion *ligada*. Esta ligadura de hierro es de tanta importancia en las construcciones, que para distinguirla la titulan *poste real* (pendolon), y aunque aquí se ha dicho que se forma de hierro, se construye con mas frecuencia de madera; no obstante, en muchos casos se han empleado los pendolones de hierro en grandes construcciones.

524. Supóngase pues, que un techo sea de tal magnitud, y los pares que lo componen *rs* sean tan largos, que no tengan la resistencia suficiente para sostener su propio peso sin cimbrarse ó que el todo llegue á formar una superficie cóncava: en este caso la construccion ofrece poca seguridad, y es de precision ocurrir á apoyarla colocando sostenes ó soportes en los centros de los expresados pares, y esto se consigue empleando las tornapuntas ó riostras oblícuas que se fijan inmediatas al extremo inferior de los pendolones, colocadas de modo que queden en direccion casi per-

pendicular á las vigas, de la manera que se manifiesta en la figura 82, en la cual *a* representa una llave, *bb* los pares, y *cd* un pendolon. Los extremos de los pares se enlazan en la llave valiéndose de las escopleaduras y de las espigas préviamente hechas, y de las cuales se tratará mas adelante. Este enlace no se efectúa muy inmediato á los extremos de la llave, sino que se verifica á tal distancia de ellos, que pueda evitarse el impulso lateral de los pares hácia afuera contra la porcion de madera que resiste la presion. Se ve tambien que los extremos superiores de los pares no se besan ó están en contacto el uno con el otro, sino que se les dá entrada en unos cortes ó *codillos* formados en el pendolon, inmediatos al punto *c*, y en ángulos rectos con el largo de los expresados pares, mientras que la parte inferior del pendolon se ensambla en el centro de la llave. Las tornapuntas que sostienen los pares, se enlazan todo lo mas inmediato posible hácia el centro del largo de aquellos, y la parte inferior de dichas tornapuntas descansa en los cortes ó codillos hechos hácia el pié del pendolon *d*, los cuales llevan una direccion rectangular hácia las precitadas tornapuntas. El pendolon siempre debe tener mas ancho que grueso, para que los cortes que se le dán no lo debiliten con demasía. Puede formarse de una pieza rectangular de madera ó plana por sus cuatro lados, segun se manifiesta en la figura por las líneas de puntos; mas como esto acrecienta demasiado su peso, se acostumbra darle la forma que se ve en la figura, con la cual queda siempre con la misma solidez y se disminuye su peso, pues que en la construccion de techos debe procurarse toda la ligereza y el menos peso posible. Sin embargo, la parte del frente y la opuesta de dicho poste deben ir planas y paralelas, y su grueso por lo regular del mismo ancho de la llave en que se inserta.

525. Con respecto á firmeza y solidez, el *ligado* tal cual se ha descrito, llena todas las condiciones que se requieren en un techo, en los casos en que su tamaño no exceda de 20 á 30 piés, y siempre que el de las maderas guarde proporcion, y que las juntas se ejecuten con escrupulosidad y firmeza, puesto que la llave no cimbra por el medio mientras esté sujeta por el pendolon, este queda sujeto por la parte de arriba con los pares, y las tornapuntas le impiden que tome vuelta ó cambie de figura, y por consiguiente todo el peso de la construccion ligada (excepto las dos mitades de la llave) desaparece, ó la que antes era presion lateral se convierte en otra longitudinal comprimida. A lo que principalmente debe atenderse en la construccion de dichas obras ligadas, es á la firmeza y seguridad de las juntas en los piés ó extremos inferiores de los pares, á cuya estabilidad contribuye mucho su propio peso; y á la colocacion y sujecion de la parte inferior del poste real ó pendolon en el centro de la llave *d*, cuya union en vez de hacerse por medio de una escopleadura y espiga que debilitaria las maderas, se hace con mayor seguridad empleando una chapa gruesa de hierro, ó planchuela en forma de abrazadera, colocada de tal modo que pase por debajo de la llave y abrace los lados del pendolon, al que se asegura firmemente con clavos ó pernos.

526. Parecerá que el perfil del techo representado en la figura 82 no concuerda con la forma que generalmente se dá á estos, pues que los piés de los pares descansan y están colocados á una distancia considerable hácia dentro en la llave, de modo que dejan quiebras ó espacios vacíos en los puntos *ee*, mientras que el tejamaní, pizarra ú otro cualquier material con que se forman los tejados sobresalen por lo comun hácia afuera de la parte exterior de los muros, con el objeto de arrojar las aguas á cierta distancia de ellos, como se demuestra por la línea de puntos *f*. Esta diferencia de forma proviene de no estar todo el techo construido del modo descrito; pues de aquel modo serian los techos muy pesados, costosos y de una resistencia innecesaria. Las partes ligadas ya descritas, pueden muy bien llamarse *espinazo ó sosten del techo*, en vez del techo mismo, el cual es solo una construccion ligera independiente de las ligaduras, aunque sujeta por lo alto á ellos y por cuyo motivo las llaman *principales, ligaduras principales* del techo ó *cerchas*; su número es corto, y se colocan de 8 á 10 piés distantes unas de otras, arreglado al tamaño de la obra y peso de los materiales que han de sostener. Por este motivo se llaman con propiedad *pares principales* á los que hasta aquí se han distinguido con el simple nombre de pares, pues que no son pares del techo, sino de la armadura general que ha de sostenerlo, y para distinguirlos de los comunes se llama á estos *pares comunes ó cábios*. Los pares principales deben formarse de piezas de madera fuerte y dura; mas gruesas por su parte inferior que por la superior, porque el peso que gravita sobre el caballete de un techo es menor que el que se experimenta inmediato á su base, mientras que los pares comunes son de igual dimension desde el uno al otro extremo, y se les da $4\frac{1}{2}$ por 3 pulgadas. El modo mas comunmente usado para la

preparacion de los pares principales, es elegir una pieza cuadrada de madera, por ejemplo de 10 á 12 pulgadas cuadradas, y de suficiente largo para poder sacar de ella cierto número de pares sin desperdicio alguno. Divídese ó asiérrase por en medio, á lo largo en dos piezas, que sean por ejemplo, de 12 pulgadas de ancho por 5 de grueso; córtase en tamaños convenientes para pares, dáseles un corte oblícuo por el lado plano, como el que tiene la figura 83, dividiendo los dos extremos de la pieza A, por ejemplo en 7 y 5 pulgadas de modo que salgan las dos vigas á la vez y sin desperdicio de madera, de 5 pulgadas de grueso; pero sus extremos inferiores de 7 pulgadas de espesor, mientras que los superiores solo tienen 5 pulgadas cuadradas.

527. Dispuesta ya la forma que se ha de dar á las ligaduras principales, se construye el techo valiéndose de los llamados *sostenes* ó *cuerdas*, que vienen á ser unas piezas largas y cuadradas de madera, que se colocan en direcciones horizontales, y á distancias iguales á lo largo de las superficies superiores de las vigas ó pares principales como está demostrado en *gg* (figura 84), que representa solo una seccion trasversal ó perfil de la cubierta: en los casos que sea necesario unir las cuerdas, debe verificarse sobre los pares principales. Los sostenes ó cuerdas sobresalen bastante de los pares principales, pues que solo se ensamblan unas con otras, para impedir que se salgan fuera de su lugar, y se introducen como media pulgada en los pares principales, mientras estos entran otro tanto en aquellas antes de clavarse de firme. Colocadas pues las cuerdas, siguen los pares comunes ó cábios que descansan por su medio en dichos sostenes ó cuerdas, como en *gg*, mientras que por sus extremos se les dá un corte al sesgo, de modo que puedan venir al justo con los lados paralelos y verticales de una tabla de pulgada y media, ó de un tablon de dos pulgadas grueso *h* llamada *el hilero*, que se introduce en la escopleadura que al efecto tienen formadas los pendolones por la parte de arriba. El hilero debe superar lo menos 3 ó 4 pulgadas á los contrapares, en los casos en que hayan de emplearse pizarras ó tejas para que estas linden con aquel, y despues se cubre con plomo enrollado ú hojas de cobre, las que se clavan y puntean por la parte superior de dicha pieza (199); mas cuando se emplean rípias ó tejamaní rara vez se necesita esta precaucion. A los extremos inferiores de los pares comunes, se les dá un corte al sesgo, para que asienten bien sobre la superficie plana de una pieza de madera llamada *solera*, que como el sosten ó cuerda, se extiende á lo largo del edificio, y está sujeta por los extremos á las llaves como en *i*, ó á la vez descansando sobre estas y la pared, ó enteramente sobre esta, cuando dichas llaves no tienen el largo suficiente para alcanzarla: mas estas últimas sobresalen por lo regular á los muros, por cuyo motivo están dispuestas para recibir cornisas bajo los socarrenes ó aleros del techo como en *f* (figura 82.) Alguna vez termina hácia adentro del muro exterior á la distancia de 4 pulgadas, de modo que vá cubierta con una obra de ladrillo, y oculta como se ve en la figura 84 en *i*, y tambien suelen rematar las paredes con un antepecho, ó muro sobrepuesto que oculta parte del techo, como en *l* (figura 84); y como en estos casos toda el agua llovediza se mantiene allí recogida, es de necesidad recurrir á las canales de plomo ó de cobre. El fondo de estas canales ha de ser de madera, el cual irá sujeto por sostenes, hechos de piezas pequeñas de tabla, clavadas á los lados de cada par comun en *m*, y variando de altura con el objeto de dar á dichas canales la correspondiente inclinacion ó declivio. KKKK en ambas figuras demuestra una seccion de la solera ya descrita en el párrafo 474, la cual se extiende á lo largo de toda la pared, y en ella se afianza la llave con el objeto de mantener el techo siempre en una misma posicion, equiparar la presion en todo el edificio, y mantener sujetas las dos paredes opuestas.

528. En vez de darles el corte sesgado, y clavar los pares comunes por el pié, como se representa en *i* (figura 84), se les dá comunmente por aquella parte un corte de *pico de pájaro*, ó rebajo á modo de moldura angular, de manera que ajusten en la solera segun se manifiesta en la figura 85, en la cual *a* representa parte de un lado de un par ó alfarda, y *b* una seccion de la solera, á la cual se aboca y se clava de firme: por este medio se impide que los pares se muevan ó salgan de pié, y para darles mayor seguridad se ensamblan en los sostenes ó cuerdas. Los pares deben siempre ser de una sola pieza, y cada junta (si es preciso que dichos pares las lleven) se forma sobre una de estas cuerdas.

529. La figura 86 representa una vista de lado, ó la elevacion de un *techo desnudo* ó *el esqueleto*, tal como se ha descrito. La palabra *desnudo* se aplica á todos los techos, pisos, divisiones y otras piezas en la construccion, antes de cubiertos con tabla, rípias ó tejamaní, listonería y yeso, ú otro material. El extremo A de este techo representa el remate de uno de los referidos de figura

cuadrada construido sobre un fronton ó remate angular de un edificio, en el cual á los ladrillos, ú otros materiales de que se compone dicha pared, se les han dado cortes sesgados para que puedan acomodarse en el ángulo del techo; y por consiguiente no hay necesidad de emplear aquí pares principales, pues que la corredera *h*, las cuerdas *gg*, y la solera *i* están sostenidas y sujetas en sus lugares correspondientes por la obra de ladrillo en A. Al contrario B demuestra ser el remate de un techo *de culata redonda*, ó aquellos que se construyen en los edificios, cuyos muros de testero no son apiñados ó no forman fronton, sino que rematan en hiladas horizontales; el extremo del techo tiene la misma inclinacion ó declivio que sus lados, y está terminado por dos cantos ó lomos que vienen á juntarse por la parte de ariba, y ambas forman un caballete, á los cuales llaman *limastesas* del techo; mientras que si dos porciones interiores de techo se juntan y enlazan entre sí á ángulos rectos, como sucede con frecuencia, estos formarán un ángulo cóncavo, el cual se llama *valle* (nota 100). Las líneas sombreadas *kl*, demuestran la posicion de los pares principales en el interior del techo, y *aa* son los extremos de las dos llaves en que aquellos se han ensamblado. Uno de estos pares principales debe colocarse debajo del lugar en donde se intersectan las limastesas y el techo llano, como en *l*, y el otro puede fijarse donde mejor convenga; mas el método comunmente adoptado es el de subdividir todo el largo del techo recto en partes iguales de 7 á 10 piés, y colocar en cada una una cercha. Mientras mas separados se colocan, mas resistencia debe darse á las cuerdas, pues que todo el peso del techo *exterior* gravita sobre ellas, y todo el del *techo entero*, se descarga en los pares principales. No es de necesidad que un par principal quede debajo de un par comun; por lo tanto, no hay para qué llamar la atencion al lugar que hayan de ocupar: *qq*, representan los pares comunes colocados sobre las cuerdas, cuyos extremos superiores descansan sobre el hilero *h*, y los inferiores sobre la solera *i*. Estos pares son iguales y equidistantes desde el uno al otro extremo, y deben colocarse á la distancia de 17 pulgadas de centro á centro ó dejando claros entre ellos de 1 pié; despues se ván colocando tejas, rípias, ú otros materiales sobre listones, que se clavan horizontalmente sobre los pares; pero si sobre estos vá un forro de tablas de á pulgada, como sucede por lo regular cuando se emplea la pizarra, en este caso pueden colocarse á distancia de 20

pulgadas, y hasta á la de 2 piés unos de otros. Los pares pequeños en las limastesas, tales como los que están inmediatos al punto B, se llaman *péndolas*.

530. Conclúyese el techo clavando las pizarras, rípias ó tejamaní en las tablas ó listones ya citados, y al tiempo de hacer esta operacion debe cuidarse mucho que no existan dos juntas una sobre otra. Princípiase á hacer dicha operacion por los aleros, en donde se requieren dos hiladas del material que se esté empleando, con el objeto de que las juntas de arriba y las de abajo de la primera hilada queden cubiertas con la parte del medio de las que forman la segunda, y despues no se necesita mas que una hilada, pues todas las piezas, rípias y otros materiales que se emplean en este objeto, deben tener el largo suficiente para que puedan alcanzar hasta la mitad de la que queda por encima. El largo de las rípias forma, pues, lo que llaman la *rata ó medida establecida ó fija del techo*, esto es, la distancia que media entre la rípia inferior y la superior. Así, si se dice de las rípias que estas estan colocadas á rata de 5, 6, 7 pulgadas, se indica las distancias que median entre las hiladas horizontales ó el largo de las rípias que estan á la vista (nota 101). Las pizarras suelen ser tan largas que se les dá de 10 á 12 pulgadas de rata y aun á veces mas (*). Las tejas que se usan en Lóndres, bien sean llanas ó acanaladas (§. 40), no necesitan de tablas, y siempre se asientan sobre listones llamados *dobles*, de abeto, ó listones de tejas acanaladas sin clavos.

(*) En Inglaterra, donde el uso de la pizarra está generalmente extendido y se emplea en los mejores edificios, se sacan y cortan en las canteras dándoles una forma cuadrada, y en esta disposicion se venden á varios precios segun su calidad y tamaño, distinguiéndose del modo siguiente:

(*Medidas inglesas*).

	Piés.	*Pulg.*			
Las dobles son de	1	3	por	0	6
Las de damas	1	3	»	0	8
Las de condesa	1	10	»	0	11
Las de duquesa	2	2	»	1	3
Las de la reina	3	3	»	2	3
Las imperiales y patente	2	8	»	2	2

Véndense por cientos. La cantidad necesaria para cubrir un cuadrado de techo con las cuatro primeras clases, pesa de 672 á 784 libras; y siendo las mayores consiguientemente mas gruesas, pesan de 784 libras hasta 1 tonelada. La voz patente se refiere al modo de colocarlas, y de ningun modo á la calidad del material.

Las ripias ó tejamaní al colocarlas se afirman con clavos llamados de ripiar ó de tejamaní, y esta operacion se ejecuta por el carpintero, mientras que la de tejar pertenece al albañil. La pizarra, por su naturaleza quebradiza, requiere cierta destreza para cortarla, hacerla los agujeros para los clavos y colocarla sin desperdicio alguno, por cuya razon se considera en Inglaterra como un ramo separado correspondiente al pizarrero. Usanse clavos de hierro para asegurar las ripias, los cuales duran tanto como estas; mas como las pizarras de buena calidad se consideran eternas (si no se quiebran ó menoscaban por algun accidente), se aseguran con clavos de cobre, porque estos no se enmohecen. Tambien se suelen cubrir los techos con planchas de plomo ú hojas de cobre ó de zinc, y en estos casos deben establecerse sobre tablas acepilladas, y las uniones del metal disponerse verticalmente y sin soldaduras para que puedan extenderse y contraerse (§. 198).

531. Puede ser el edificio tan extenso que no baste con la forma dada á la armadura principal en la figura 82, pues que á menudo se ofrecen casos en que la llave es tan larga, que no obstante estar sostenida por el centro, cimbre sin embargo por la parte que queda entre el medio y los muros, ó pueden ser tan largos los pares principales que no se puedan sostener con una riostra sola ó una tornapunta. Este mal se remedia subdividiendo el largo de las vigas ó pares en tres partes en vez de dividirlas en dos, empleando dos tornapuntas en vez de una á cada lado del pendolon; mas esto puede no aliviar nada á la llave, y por lo tanto debe recurrirse á otra forma de ligado, tal como el que se manifiesta en la figura 84, al que dan el nombre de *ligado con pendolon y postes de reina.* Este ligado consta de las mismas partes que el de la figura 82 con la adicion de los dos postes de reina *pp* y sus extratornapuntas *rr*. Colócase el pendolon del modo ya referido; mas sus tornapuntas *ss* en vez de sostener la viga inmediatamente, lo verifican apoyándose antes en el corte ó codillo formado en los extremos superiores de los postes reinas *pp*, y de este modo impiden la cimbra, mientras los extremos inferiores de dichos postes que se han ensamblado y ajustado firmemente en la llave por la parte en donde esta requiere mas sujecion, la sostienen en su competente lugar, y un par de tornapuntas de segundo órden ó de reina *rr* que descansan en los cortes ó codillos formados en la parte inferior de dichos postes de reina, sostienen las vigas por la parte mas baja. Una armadura de esta naturaleza

basta para sostener un techo cuyo claro ó distancia de un muro á otro sea de 30 á 45 piés.

532. Estos son los principios generales bajo los cuales se construyen todos los techos, y del modo que se describen en los ejemplos precedentes es el órden generalmente adoptado; mas en cuanto á la forma, está sujeta á muchas modificaciones; y como quiera que estos principios se aplican á todas las construcciones de gran tamaño y pesadas, tales como las de puentes de madera y de cerchas para la formacion de arcos de piedra y en muchos otros casos, se hablará por lo tanto mas extensamente de la materia, para que cuando se trate de aquellas queden mas al alcance ó sean mejor comprendidas de todos.

533. Se ahorra mucha madera cuando, por ejemplo, se construye un techo que no exceda de 30 piés de luz, se omite el pendolon y sus correspondientes tornapuntas, como en la figura 84, y se sostiene la llave por dos partes en vez de tres, adoptando solo los postes de reina con un tirante en el centro, como en la figura 87. Todas las maderas principales de este ejemplo son mucho mas cortas que las de los precedentes, circunstancia que con frecuencia se requiere en muchos casos. Las vigas ó pares principales *tt*, v. gr., en vez de elevarse hasta el caballete, se acortan y unen en los rebajos ó cortes dados en las cabezas de los postes de reina, y en lugar de apoyarse uno sobre otro en el hilero trasfieren la presion al madero *v*, que en este caso se distingue con el nombre de *puente*, y á las vigas se les dá tesura, y sustenta por su centro en *tt* con las tornapuntas ó riostras oblicuas que estriban en los piés de los postes reinas. Colócase una cuerda sobre cada tornapunta, y otra en la parte superior de cada poste reina; sobre estos van las vigas ó pares comunes, como anteriormente, mas estas corren hácia la pieza del caballete, donde se reclinan y clavan de firme. Conviértese el peso de este techo en una fuerza de compresion que tiende á estrechar las dos vigas principales y el puente; y si se teme que este último cimbre ó tome vuelta por la fuerza que se ejerce, se le dá firmeza y tesura por medio de un poste que se coloca del modo que se indica por los puntos en *u*. Los piés de las tornapuntas *tt* pueden igualmente hacer tanta fuerza contra los de los postes reinas que se partiesen fácilmente las espigas con que estan enlazados á la llave; mas este riesgo se evita si se introduce una pieza llamada *sopanda* como *w*. A ninguno de estos expedientes fue necesario recurrir en la construccion del te-

cho de que se sacó el dibujo, y fue construido por el célebre Smeaton en un molino de agua sobre el rio Ravensbourne, en Debtford, á las inmediaciones de Lóndres.

534. El techo de la capilla del Hospital Real de Marina de Greenwich en las inmediaciones de Lóndres, dibujado por Mr. Samuel Wyatt, es un excelente ejemplo de un techo de esta construccion, que se ha sostenido por muchos años sin que se haya notado detrimento ó deterioro alguno, y se admira por su sencillez como modelo de carpintería. Se incluye por lo tanto un diseño que representa una de las cerchas de la armadura, en la figura 88, como asimismo se expresan las dimensiones de las maderas empleadas en su construccion. Una de las particularidades de este techo consiste en que es casi plano, lo que es ventajoso en los casos en que no se quiere que los techos sobresalgan mucho en los edificios. En el siglo pasado estuvo de moda construir los techos tan sumamente altos, que algunos lo eran tanto como la fábrica perpendicular; mas ahora sucede al contrario, pues que se trata de ocultarlos á la vista del todo, ó en gran parte. Este techo tampoco tiene vigas comunes, y no las necesita, pues que todo está cubierto de plomo. Esto es causa de que el punto de mayor elevacion ó del centro sea menor en estos que en los techos ordinarios, pues si las vigas se elevaran hasta encontrarse en el punto *i*, la altura de este punto sobre la llave *a, a,* seria igual solo á una cuarta parte de su largo, en vez de una tercera, como sucede con los techos cubiertos con rípias ó tejas. Están colocadas las cerchas á la distancia de 7 piés 8 pulgadas paralelas unas á otras; y en lugar de vigas comunes hay cierto número de cuerdas ó riostras horizontales de $6\frac{1}{2}$ pulgadas de espesor y $4\frac{1}{3}$ de ancho puestas á distancias de 1 pié inglés ó 13 pulgadas españolas, como se ve en el diseño, y sobre estas se clavaron tablas con juntas verticales, para en ellas asegurar el plomo.

	PULGADAS.	
	Inglesas.	Españolas próximamente.
a, a.... Es la llave; tiene 57 piés ingleses ó $62\frac{1}{3}$ españoles de largo (el claro entre los muros es de 51 piés (56 españoles) y sus dimensiones....	14 por 12	$15\frac{1}{3} \times 13$

	PULGADAS		
	Inglesas.		Españolas próximamente.
c, c... Postes de reina...............	9 ×	12	$9\frac{4}{5} \times 13$
d..... Tornapuntas..................	9 ×	7	$9\frac{4}{5} \times 7\frac{2}{3}$
e..... Puente.......................	10 ×	7	$11 \times 7\frac{2}{3}$
f..... Sopanda que recibe las tornapuntas	6 ×	7	$6\frac{1}{2} \times 7\frac{2}{3}$
g..... Pares principales..............	10 ×	7	$11 \times 7\frac{2}{3}$
h..... Pieza combada para formar los derrámenes del caballete..........	9 ×	7	$9\frac{4}{5} \times 7\frac{2}{3}$
b..... Barra de hierro con rosca y tuerca para asegurar la llave........	2 ×	2	$2\frac{1}{5} \times 2\frac{1}{5}$
Las camas horizontales para sujetar las tablas......................	6 ×	4	$6\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{3}$

Este es un hermoso techo, y contiene menos cantidad de madera que casi todos los de iguales dimensiones. Se conviene universalmente en que está bien proporcionado y bien dispuesto en todas sus partes, y aunque se cree que la barra de hierro con rosca es excusada, dá sin embargo bastante tesura al todo.

535. El techo del teatro de la gran ciudad manufacturera de Birmingham en Inglaterra, que diseñó y construyó Mr. George Saunders, de Lóndres, se considera generalmente como una excelente obra del arte y modelo de carpintería, y se conceptúa como uno de los techos mas ligeros y atrevidos que existen en Europa, por cuya razon se incluye igualmente su armadura, representada en la figura 89. El claro de este techo ó la distancia que media entre las dos paredes que lo sostienen es de $87\frac{1}{2}$ piés de Búrgos (nota 102), y los principales pares están separados 11 piés unos de otros; mas vá empotrada en la pared una série de canes *aa* de 10 por $5\frac{1}{2}$ pulgadas, y á la distancia de $5\frac{4}{2}$ piés unos de otros, con el objeto de sostener una solera ó cuerda de madera de 10 pulgadas en cuadro, que corre á lo largo del interior de la pared, como en *b*, y que contribuye á sustentar las llaves que descansan sobre la solera *e*, que es de $8\frac{3}{4}$ por 6 pulgadas de escuadría. Hé aquí las dimensiones de las maderas que componen este techo:

		PULGADAS	
		Inglesas.	Españolas próximamente.
d. . . .	Cumbrera ó solera alta.	7 × 5	$7\frac{2}{3} \times 5\frac{1}{2}$
e. . . .	Llave.	15 × 15	$16\frac{2}{5} \times 16\frac{2}{5}$
f. . . .	Puente.	12 × 9	$13 \times 9\frac{4}{5}$
g. . . .	Postes reinas principales lisos ó con exclusion de la parte que sobresale y forma el codillo.	9 × 9	$9\frac{4}{5} \times 9\frac{4}{5}$
h. . . .	Id. de segundo órden id.	9 × 7	$9\frac{4}{5} \times 7\frac{2}{3}$
i. . . .	Vigas ó pares principales.	9 × 9	$9\frac{4}{5} \times 9\frac{4}{8}$
k. . . .	Id. comunes ó contrapares.	4 × $2\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{3} \times 2\frac{3}{4}$
l. . . .	Tornapuntas principales ó riostras.	9 × 9	$9\frac{4}{5} \times 9\frac{4}{5}$
m. . . .	Id. de segundo órden (lisas).	9 × 6	$9\frac{4}{5} \times 6\frac{1}{2}$
n. . . .	Cuerdas.	7 × 5	$7\frac{2}{3} \times 5\frac{1}{2}$
q	Codal ó umbral de empuje, afianzado á la llave.	9 × $5\frac{1}{2}$	$9\frac{4}{5} \times 6$
s. . . .	Hilero.	9 × $5\frac{1}{2}$	$9\frac{4}{5} \times 6$

En este techo el umbral de empuje *q*, sirve de firme apoyo á las ligaduras principales, y como el largo de esta pieza es de $21\frac{1}{3}$ piés, y esta misma es la distancia que los postes de reina tienen entre sí, quedan por esta disposicion salones espaciosos en toda la extension del edificio, los cuales reciben la luz por medio de claraboyas, y sirven de talleres para los carpinteros y otros operarios y empleados del teatro. Hállanse igualmente vigas afianzadas á los lados de cada llave, como en *r*, con el objeto de impedir la caida total de armadura tan atrevida, en caso de que las llaves cediesen por la decadencia ó putrefaccion de sus extremos. Con este mismo objeto se introdujo la solera interna *b*, que está sostenida por canes; porque la experiencia enseña que no hay parte en un techo mas expuesta á menoscabarse y rendirse que los extremos de las llaves, cuando descansan sobre muros (§. 215) en donde están privadas de la circulacion del aire libre, y en contacto con la humedad que allí hay á causa de la filtracion del agua llovediza; ó bien de los vapores condensados que se introducen en lo interior del techo, ó bien por alguna imperfeccion de las canales.

536. El techo del teatro de Drury Lane en Lóndres, es acaso

el mejor del mundo por su ligazon, tesura y solidez, y por consiguiente será el último ejemplo que se citará de grandes techos, el cual irá acompañado de un estado de las dimensiones de las maderas en el órden que están dispuestas en la figura 90. Esta hermosa estructura la diseñó Mr. Edward Grey Saunders, arquitecto de Lóndres, hermano del precitado Saunders constructor del techo anteriormente descrito. La distancia que media entre los dos muros que la sostienen es de 87 piés 9 pulgadas, y las cerchas están 16,4 piés distantes unas de otras. Los pares principales son de abeto, enlazados por el centro con ligaduras de roble de $5\frac{1}{2}$ pulgadas cuadradas, cuya operacion aun no se ha descrito, pero pronto se tratará de ella (Véase el párrafo 622). Hubo que recurrir á este arbitrio por el ancho que se requeria en los talleres, cuya abertura central es de 35 piés de luz. Ademas de esto la gran distancia que habia de una cercha á otra, y la forma particular del techo facilitaban los medios para poder construir muchos y grandes aposentos á uno y otro lado, con cielos rasos y ventanas verticales en vez de claraboyas, y sin tocar en modo alguno con los maderos del techo que quedaban enteramente cubiertos con los muros divisorios que separaban un aposento del otro. Las cerchas están tan juiciosamente dispuestas, que se calcula pueden sostener y resistir el peso de 300 toneladas cada una, y la division del todo en tres partes aligera en gran manera el propiamente llamado tejado ó techo exterior. Los impulsos ó el empuje de los muros laterales están admirablemente contrarestados, ademas de que se mantienen firmemente sujetos por las que pueden llamarse dos séries de llaves dobles, una sobre la otra. Siguen á continuacion las dimensiones de las maderas.

		PULGADAS	
		Inglesas.	Españolas próximamente.
a, a, a,	Tres llaves separadas para el techo superior ó externo ó tejado. . . .	10 por 7	$11 \times 7\frac{2}{3}$
b. . . .	Pares principales del techo superior.	7 × 7	$7\frac{2}{3} \times 7\frac{2}{3}$
c. . . .	Tres pendolones id. incluyendo la porcion que forma el codillo.	12 × 7	$13 \times 7\frac{2}{3}$
d. . . .	Tornapuntas de id.	7 × 5	$7\frac{2}{3} \times 5\frac{1}{2}$
e. . . .	Cuerdas.	9 × 5	$9\frac{4}{5} \times 5\frac{1}{2}$

*

	PULGADAS			
	Inglesas.		Españolas próximamente.	
f.... Hileros......................	10 ×	3	11 ×	$3\frac{1}{4}$
g.... Planchas......................	5 ×	5	$5\frac{1}{2}$ ×	$5\frac{1}{2}$
h.... Id. para canales ajustadas entre las vigas maestras..................	12 ×	6	13 ×	$6\frac{1}{2}$
i.... Pares comunes ó contrapares.......	5 ×	4	$5\frac{1}{2}$ ×	$4\frac{1}{3}$
k.... Llave ensamblada de la cercha principal y ligada en la division del centro....................	15 ×	12	$16\frac{2}{5}$ ×	13
m... Riostras principales de id.........	14 ×	12	$15\frac{1}{3}$ ×	13
disminuyendo hácia abajo hasta..	12 ×	12	13 ×	13
n... Tornapuntas aplicadas á las riostras.	12 ×	8	13 ×	$8\frac{3}{4}$
p... Sopanda......................	12 ×	8	13 ×	$8\frac{3}{4}$

La llave maestra *k*, en vez de descansar como es costumbre sobre la solera, se ensambla en dos soleras iguales y paralelas que corren en todo el largo de las paredes del edificio, y en lugar de gravitar sobre estas, descansan sobre los extremos de dos maderos verticales que se arriman á las precitadas paredes, y están apoyados por debajo sobre plintos. Las riostras ó tornapuntas principales *m*, *m* terminan lo mas cerca posible de la parte interior de las paredes, para dejar sitio á las llaves horizontales que enlazan una cercha con otra y sobre las cuales ván los maderos verticales *z*, *z*, de 11 por $7\frac{2}{3}$ pulgadas cuadradas, para sostener una solera interna *o*, *o*, que á su vez sirve de apoyo á los extremos de la llave *a*, *a*, y de este modo alivia la parte mas delgada de los muros de una gran parte del peso, que sin este auxilio gravitaria sobre ellos. Los piés derechos *z*, *z*, y las soleras *o*, *o*, sirven para los mismos usos, y producen los mismos efectos que las del techo de Birmingham, pero con mayor efecto en el primer caso, pues que las piezas *z*, *z*, son mas firmes y tienen mayor resistencia. Las ventanas que dán luz á los aposentos de los lados, están formadas en los muros entre las piezas *z*, *z*; y los muros de los lados se levantan á tal altura que el techo queda oculto á la vista. Este teatro se redujo enteramente á cenizas, y se volvió á edificar: hay muy poca diferencia entre él y el de Birmingham ya descrito.

537. Uno de los expedientes á que mas comunmente se recurre, cuando se desea ocultar á medias ó del todo los techos de casas ú otros edificios, es el de darles una forma parecida á la que se adoptó en el del teatro de Drury Lane, y mas comunmente á dividir el claro ó distancia que media entre dos muros en dos partes iguales y formar dos caballetes separados. Estos techos, á causa de su forma particular, se distinguen con el nombre de techos de M. En estos casos es de necesidad emplear un cuarton para sostener el centro de la M, que se compone simplemente de dos techos con una canal de metal entre ellos.

538. A veces suelen los techos ser de mucha luz, sin el auxilio de columnas ni pilares que los sostengan, por no ser siempre precisas ó no convenir. El techo mayor que jamás se haya construido fue el de la Escuela de equitacion de Moscow en Rusia, en 1790 en el reinado del Emperador Paulo I. Tenia de claro 257 piés, y la pendiente solo era de 19 grados. El principal sosten de esta inmensa armadura, consistia en unas piezas de madera encorvadas ó en figura de arco dentellado, é ingeridas unas en otras (§. 405) en tres gruesos y sujetas con barras de hierro. Los pares principales y las llaves las sostenian varias piezas verticales ensambladas en las ligazones ó costillas curvas, y al todo se le dió tesura por medio de riostras diagonales. La disposicion de todas las partes que constituian este techo, era en extremo ingenioso, mas no se dieron á los maderos las dimensiones necesarias para poder resistir una extension tan inmensa, é hizo al fin tanto descenso que ya no se tenia seguridad en él. Hállanse algunas noticias mas, junto con un grabado que representa su forma y construccion, en los Principios elementales de carpintería por Tredgold, edicion americana de 1837 (*Tredgold's elementary principles of carpintry*, *American ediction of* 1837) (nota 103).

539. Sir Roberto Seppings, inspector de la marina británica, tambien trazó otro techo de ejecucion tan atrevida como las precedentes; pero mas sencilla, para guarecer los buques de guerra mientras estos se construian ó carenaban en los astilleros. Estos techos se construyen con maderos enterizos dispuestos del mismo modo que lo está la armadura con pendolon (figura 82); mas se ejecuta de tal suerte, que las dos mitades que han de formar la llave del techo, vengan á servir de vigas principales por un lado de otro par de cerchas iguales, colocados en cada uno de sus extremos y á continuacion de su largo. Se construyeron estos techos en los arsenales de Plymouth, Deptford, y de Chatam con un cla-

ro ó luz de 98 á 120 piés, y cubren un espacio de 164 piés de ancho. El plano y descripcion de esta clase de techos, aplicable á otros usos á mas del precitado, se hallará en el artículo ó seccion de *Diques*, inserta en el suplemento á la cuarta y quinta edicion de la Enciclopedia británica (*Docks, supplement to the 4th and 5th edition of the Encyclopedia británica*).

540. No obstante las grandes ventajas que resultan no solo á los techos, sino tambien á los edificios que estos guarecen por el uso y aplicacion de las llaves, hay casos en que no se pueden emplear sin que se pierda mucho hueco, al menos en altura. Así, ocurrirá tal vez que se desee dar al cielo raso de un aposento una forma abovedada ó arqueada, cuya curva nazca del ángulo del techo, y no poderse verificar por impedirlo las llaves: estas curvas deben formarse por debajo de los pares, pues que de otro modo serian excusadas. Uno de los métodos á que con mas frecuencia se recurre para dar altura al claro angular de un techo, se manifiesta en la figura 91, en la cual *ab* y *cb*, son dos pares principales sin llave, cuya falta se trata de suplir con dos enlaces oblícuos ó tornapuntas *ad* y *cd*, que se cruzan y dividen en dos mitades en el punto *e*; esto parece que surte el efecto; mas es sin embargo un mal modo de construir. La tendencia natural de los maderos es la de doblarse, cimbrarse ó pandearse por los centros *dd*, y es pues en este lugar donde necesitan de apoyo. Cada tornapunta está asegurada fuertemente al pié de un par y centro de la opuesta, y como la fuerza de extension del techo obra constantemente sobre ellas, se trasmite al centro de los pares, los cuales, en vez de estar sostenidos por el centro, se impulsan violentamente hácia adentro y hácia abajo; y como los ángulos *bad*, y *bcd* son tan agudos, esto produciria un efecto semejante al ya descrito al fin del párrafo 510, y se indica por la línea de puntos en la figura 72. Tambien estarán expuestos los enlaces á partirse por la parte *e*, donde están divididos y ensamblados uno con otro, porque si el techo se extiende en lo mas mínimo, la línea *aec*, se inclinaria mas á tomar una posicion recta, y para precaver este accidente es excusado atar ó afianzar los puntos *b* y *c*.

541. Si en este caso se introduce un pendolon, sin duda que se mejoraria esta armadura. Veáse la figura 92, que representa una diseñada por el autor, y que sirvió en las adiciones que se hicieron al colegio de medicina de Jefferson, de que ya se ha hecho referencia (§. 492). Introdújose en dicha armadura un pendolon *f*, el cual lleva á cada lado una tornapunta *g* casi horizontal, de modo que parecen vigas de enlace, pero que se han colocado con el objeto de resistir á la compresion, en vez de servir de enlaces, y mantener el pendolon en su posicion vertical, y que al mismo tiempo sirva de algun apoyo á los centros de los pares, cuyas dos mitades superiores están sostenidas por riostras oblícuas de menos largo, que tambien se apoyan algo mas arriba del mismo pendolon. Los enlaces largos y oblícuos se afianzan al pié de los pares como en el ejemplo precedente, mas en vez de prolongarse hasta el par opuesto, no llegan sino un poco mas allá de la parte inferior del pendolon, en donde se ensambla uno por cada lado, y se afianzan fuertemente con barras y abrazaderas de hierro. Trasladándose, pues, las fuerzas iguales é impulsivas de estos enlaces á los dos lados opuestos del pendolon, aquella obrará en sentidos opuestos, se neutralizan entre sí, y no pueden descender en línea recta por sostenerlos el citado pendolon. La curva verdadera y regular de un cielo raso se obtiene poniendo cerchas; esto es, clavando piezas longitudinales de varias dimensiones, segun lo requiera el caso, en los lados inferiores de los enlaces oblícuos, dispuestas para recibir la listonería y el yeso con que se ha de cubrir y concluir el cielo raso.

542. Antes de proseguir describiendo mas aplicaciones que ocurren en la carpintería, es conveniente decir algo del modo de ensamblar y unir las maderas; de las piezas de hierro necesarias para reforzar las ensambladuras, y el de enlazar las vigas para darles mayor tesura. Está de mas la advertencia que para la construccion de techos tan extensos como los que se acaba de describir, no se podrán emplear maderos de una sola pieza para llaves ó tirantes, pues que es imposible encontrarlos del largo suficiente para dicho objeto, y que por consiguiente se forman de dos ó mas piezas de madera unidas por sus cabezas ó en direccion de su largo. Llámase esta operacion *ensamblar*, y se ejecuta de varios modos. El mas comun de ensamblar ó empatar los maderos longitudinalmente, se llama *empalmar* y alguna vez se dice *empalme de buque*, por seguirse el estilo de las embarcaciones. Esto se verifica cortando de la parte superior de una viga la porcion suficiente de madera, y otra cantidad igual por debajo de otra, con la que se ha de empalmar la primera, de modo que el extremo disminuido de la una venga á ocupar el lugar del rebajo que se ha formado en la

otra afianzándose seguidamente con clavos ó pernos de madera á que los carpinteros llaman cabillones ó tarugos (Véase la figura 93). Esta especie de juntas se ejecuta siempre para unir los umbrales sobre cimientos firmes y nivelados, en los enlaces ó correderas y soleras; mas no son á propósito para maderas que están expuestas á la compresion ó extension longitudinal, y especialmente para los pares; pues la única fuerza que en esta clase se opone á la separacion es la que ofrecen los clavos ó pernos. Mas puede, sin embargo, resistir á la compresion, si las juntas verticales quedan bien ajustadas, y las piezas se aseguran fuertemente con pernos de hierro con rosca y tuerca, ó con abrazaderas cuadradas de hierro en todo el rededor.

543. El ensamblado mejor y que mas eficazmente se opone á la extension longitudinal, como por ejemplo, en las llaves, es el que se manifiesta en la figura 94, en el que se cortan é introducen las vigas unas en otras del modo allí indicado. A la viga inferior se le forma en un extremo una lengüeta ó espiga como *a*, la cual tiene su correspondiente hembra ó escopleadura en la superior; á esta se le hace igual operacion, y entra á su vez en la escopleadura hecha anticipadamente en la inferior. Para que estas espigas puedan entrar en las escopleaduras preparadas de antemano para recibirlas, es preciso cortar la parte intermedia de la junta en *c*, del mismo largo que el que tienen las espigas, de suerte que venga á formar un agujero cuadrado en medio de la junta de las dos vigas, que se tapa luego con una pieza de roble ú otra madera dura llamada *clave*, que se ajusta fuertemente. El objeto de esta clave es mantener las espigas *a* y *b* en sus correspondientes cajas, é impedir que se desunan las vigas. Una ensambladura de esta especie podrá resistir la extension longitudinal que obre comprimiendo la clave lateralmente, y para que pueda resistir la presion mas eficazmente, el grueso de la susodicha clave debe ser igual al tercio del de la viga entera.

544. Tambien resistirá este ensamblado á la presion superior é inferior, tal como la que ocurre en los suelos; pero la junta que mas comunmente se ejecuta en estos casos es la de forma oblícua, segun se manifiesta en la figura 95. Se forma bajo los principios ya descritos en la anterior, mas en vez de la posicion paralela por la parte de arriba y por la de abajo de la junta, es en este caso oblícua, y en lugar de formar las espigas con cajas, se ajustan los extremos de las piezas en escopleaduras angulares, de las cuales no

puedan salirse cuando se introduzca y ajuste la cuña en su lugar. Cuando se quiera dar tesura á una viga para que pueda resistir la presion lateral en todas direcciones, los extremos de ambas piezas deben llevar formas angulares, y se han de introducir en escopleaduras de igual figura, como en la 96, que representa la parte superior de una viga ensamblada del modo que se ve en la figura 95, pero que remata en ángulos. Este órden de ensamblar no debe aplicarse á los pilares ó en los casos que se requiera oponer resistencia á la compresion, pues que las juntas aguzadas obrarian como escoplos, rajarian las escopleaduras, y uno de los lados iria continuamente deslizándose y separándose del otro, á menos que estos no se atasen y sujetasen con abrazaderas de hierro.

545. Ninguno de los ensamblados que se han descrito tiene, sin embargo, tanta resistencia como una viga enteriza ó de una pieza, pues que para formar aquellos hay que rebajar á lo menos la mitad del grueso de los maderos que los componen. Mas se les puede dar mayor resistencia y solidez si por la parte exterior de las juntas se afianzan y aseguran con chapas largas y gruesas de hierro, ó se sujetan con barras de hierro con rosca y tuerca ó abrazaderas entornilladas. El único medio de unir las maderas dándoles la resistencia de enterizas, se verifica de un modo al parecer tosco y feo á la vista, pero que está muy en uso en la construccion de buques; es el llamado en Inglaterra *pescar una viga* (*fiching a beam*) (nota 104). Consiste en la colocacion de una pieza de madera de igual área y tamaño á las vigas que se han de unir por un lado de la junta como en A (figura 97), ó de dos piezas, cada una de la mitad de dicha área á uno y otro lado de la misma viga, como en B; estas piezas se afianzan firmemente con abrazaderas entornilladas ó de otro cualquier modo, con tal que queden bien aseguradas. Esta junta resiste por supuesto la compresion longitudinal; mas en los casos en que quiera oponerse una fuerza á la extension, como en las llaves, debe adoptarse el ensamblado de las figuras 94 y 95, el cual se puede reforzar del modo dicho ó *pescar* por uno ó por todos los lados de la junta. Si los umbrales de empuje que se emplean en las llaves largas se aseguran con abrazaderas de hierro, pueden surtir el mismo efecto en las juntas que quedan por la parte inferior, que el que resulta de una viga acoplada ó *pescada*.

546. La union de varias piezas de madera, bien sea en direcciones angulares ó bien en cualesquiera otra posicion, como tam-

bien en los casos que no ocurre la extension longitudinal, se ejecuta por medio de empalmes; mas recúrrese generalmente á la operacion de escoplear. Una junta ó union escopleada consta de dos partes, á saber: de una lengüeta ó salida que nace desde el extremo de la pieza que se va á unir, á la cual se dá el nombre de *espiga*, y de un taladro ó vaciado que se forma en la otra, bien por un solo lado, ó bien atravesando todo el grueso, que se llama *caja*, *mortaja*, *muesca* ó *escopleadura*, y alguna vez *hueco de la mortaja*, para distinguirla de toda la junta ó la union completa á que suelen llamar con el solo nombre de *mortaja* ó *muesca*. La junta se asegura generalmente clavando dos ó tres cabillas ó clavijas de madera al través de la junta, como se muestra en la figura 98, en la cual A representa la mortaja ó muesca, B la espiga que ha de introducirse en ella en direccion rectangular, y *cc* son las cabillas ó clavijas que se clavan en los agujeros ó barrenos que préviamente se hacen al través de la pieza escopleada y que han de atravesar de uno á otro lado por los agujeros que se manifiestan en la espiga. Las mortajas llevan por lo regular un ancho igual á un tercio del grueso de la viga, y deben formarse todo lo mas retirado posible de los extremos con el objeto de dejarles la porcion suficiente de madera en *d* é impedir por este medio que se parta por este lado. Es de necesidad que el extremo *d* de una de las piezas quede plano y al ras del canto exterior de la otra, y esto se consigue formando todo el hombro *e* de la espiga B hácia un lado solo; mas cuando no hay precision se deja hombro en todo el rededor de la espiga, y la mortaja será mucho mas fuerte si se hace mas hácia adentro del madero que si se aproxima al extremo.

547. Existen varios modos de formar juntas escopleadas, que varían segun los usos á que se destinan las piezas que se han de emplear. En todos los casos es de necesidad que las escopleaduras y espigas se ajusten muy bien, ó hablando técnicamente, no deben *cabecear*, esto es, que no se muevan inclinándose hácia ningun lado. La junta representada por la figura 98 es muy buena, y causa muy buen efecto en los casos en que el peso ó impulso que ha de resistir es una presion externa ó por la parte de afuera de alguna de las dos vigas; pero de nada serviria, y no podria adoptarse para unir un pendolon á una llave, pues en este caso la tendencia natural de esta es la de cimbrar por el medio y se separaria de la espiga del pendolon, puesto que la única resistencia que se opone á este desprendimiento es la que ofrecen las cabillas ó pasadores, y no la expresada espiga. La junta ó union mas á propósito para este objeto ó para emplearla en todos los casos en que ocurre este accidente ó existe tendencia á salirse ó sacar las espigas de sus correspondientes escopleaduras, es la que se representa en la figura 99, en la cual se ve que á un lado de la espiga C del pendolon se ha dado un corte sesgado ú oblícuo, mientras que el otro se deja recto á lo largo de la madera. La muesca ó caja que forma la escopleadura D lleva la figura correspondiente á la espiga, pero aquella se hace mas ancha que esta, de modo que la parte inferior ó mas ancha pase por la superior mas angosta de dicha escopleadura rozando con sus lados. Despues de introducida se ajusta fuertemente con la cuña *f*, como se ve en la figura E, que representa un enlace formado del modo que se acaba de describir; por este medio se obliga á la parte sesgada á que bese ó toque en la de igual figura hecha en la muesca, y así desaparece toda posibilidad de salirse la espiga de su lugar mientras la llave se mantenga en su posicion. A mas de esto pueden clavarse en estos enlaces las ya referidas cabillas ó espigones y rodearse con una abrazadera de hierro, con lo cual es imposible que se rindan ó separen las partes sin que antes se rompan.

548. Tambien se afianzan estas espigas acuñando sus extremos, como se ve en la figura 100, en la que ya está formada la union. En este caso la espiga *g* debe ser tan larga que atraviese de un lado á otro la muesca, y dándola dos ó tres cortes con un serrucho se introducen en ellos cuñas agudas, como *h*, por lo regular bañadas antes en cola; se golpean suavemente y abren por consiguiente el extremo de la espiga, separándola á uno y otro lado y comprimiéndola contra los de la escopleadura con tal fuerza que no se pueden tan fácilmente extraer; y si á la parte superior de los lados de la escopleadura se les dá un poco mas de holgura que en la inferior, quedará completamente sujeta la espiga. En la construccion de máquinas se ofrecen casos en que no pueden formarse pasantes estas muescas y espigas, de modo que haya facilidad de acuñarlas por el lado opuesto, pero se consigue casi el mismo objeto por medio de las llamadas cuñas de *rabo de zorra*. Para ello las escopleaduras (que irán ensanchando lateralmente hácia adentro) no se forman pasantes, sino que se llevan hasta cierta distancia del lado opuesto, como se ve en la figura 101; la espiga *i* se hace que ajuste ó corresponda exactamente á la entrada de la muesca, y se le dan dos cortes con el serrucho; colócanse muy ligeramente dos cuñas en

dichos cortes, en seguida se toma la pieza de este modo preparada y se introduce en la escopleadura con un mazo de ajustar; las cabezas de las cuñas, al ponerse en contacto con el fondo, se introducen en la espiga y la van ensanchando á medida que se ajusta la pieza. Una union tal como la que se acaba de describir, si se ejecuta con la correspondiente escrupulosidad y exactitud y va bien encolada, es tan firme y consistente como la madera sólida. Fórmanse á menudo las espigas subdivididas en dos ó mas partes con sus correspondientes muescas, para distribuir las fuerzas de las juntas por una superficie de gran tamaño. Verdaderamente la cola de pato dentada, tan en uso y extensamente adoptada por los ebanistas para unir los ángulos de las cajas, y por los maquinistas para verificar igual operacion en obras de mayor tamaño, casi no viene á ser otra cosa que la operacion de escoplear y espigar.

549. Antes de atravesar con las clavijas ó zoquetes las espigas, deben estas ajustarse perfectamente, llamándolas al sitio en que deben quedar, para despues agujerear ó barrenar; mas esto no se ejecuta al través de toda la junta, sino hasta tocar la espiga, de modo que solo quede una marca sobre ella; se retira entonces la barrena y se sigue taladrando por la otra cara de dicha mortaja. Taládranse seguidamente dichas espigas, mas no exactamente en el lugar que se marcó, sino á distancia de un octavo de pulgada mas cerca del rebajo. El efecto que esto produce es que al tiempo de ajustar la union, puesto que los barrenos no coinciden exactamente, las clavijas ó espigones que han de pasar por estos, atraen con fuerza los hombros de las referidas espigas, los unen estrechamente á los lados de la pieza que se quiere enlazar, y se consigue formar una union á la cual de ninguna otra manera podría dársele mayor firmeza y consistencia.

550. Las juntas escopleadas que requieren mayor escrupulosidad y cuidado son las oblícuas, y las que estan expuestas á grandes impulsos, v. gr., las que se forman en la union de los extremos de una viga con una llave. Estas no solo experimentan un empuje oblícuo de una fuerza inmensa, sino que esta se ejerce muy inmediata al pié de la viga, en donde á menudo se encuentra muy poca madera para resistir su accion. Parecerá á primera vista que con ensamblar el pié de una viga en la llave se conseguiria obtener los buenos efectos de una junta ó union; mas por este medio no puede darse á toda la superficie de la viga la resistencia de que es susceptible sin introducirla antes en la llave á

una profundidad competente, lo que debilitaria á esta en gran manera, como se ve por la figura 102, en la cual la parte k permanece sin hacer efecto alguno, y queda siempre en este estado si el corte que se ha dado en la llave no se lleva mas abajo, con cuya operacion quedaria tan poca madera en m que se debilitaria su resistencia, á menos de que no fuese mucho mayor el ancho de la llave que el del par. Es, pues, de necesidad trasformar el extremo del último en espiga, despojándole de una porcion de su superficie impulsora para obtener de este modo la resistencia competente. Se han ideado varias especies y formas de espigas propias para este objeto, de las cuales las marcadas con las letras F, G y H (figura 103), son las mejores para el objeto. En F se ve que todo el cuerpo de la viga entra, pero hasta muy corta distancia dentro de la llave; que de la otra porcion se ha formado una espiga que se introduce hasta la mitad de dicha llave, y que al extremo l, así de la viga como de su espiga, se le ha dado un corte rectangular en direccion á la referida viga ó á su eje ó línea de presion. Cuando ocurre que el linde ó union l viene á quedar inmediato al extremo de la llave, la porcion de madera que queda en la viga y la escopleadura está expuesta á ceder á la fuerza lateral; por consiguiente deben tomarse las debidas precauciones para que los puntos expuestos á la presion vengan á quedar lo mas inmediato posible al centro de la llave, y esto se consigue en cierto modo dándole á la viga la forma que se manifiesta en la figura G, en la cual, á mas de la espiga que la enlaza con la llave, se descubren dos hombros formados uno tras otro en el grueso de dicha viga. La forma H se adopta cuando no hay que ensamblar en la llave parte alguna de la viga y solo se emplean las espigas. Sea cual fuere el grueso de la viga, la espiga que á esta se le forma ha de ser igual al tercio del de la llave, y si á aquella se le hacen dos hombros, uno despues del otro, se logrará con dicha operacion que se adhieran firmemente las muescas ó juntas ensambladas de las vigas y llaves, poniendo cabillas ó zoquetes muy rara vez, pues que el peso del techo y el de las vigas que lo sostienen basta por sí solo para mantenerlas en su lugar, pudiendo acontecer que las cabillas obstruyesen el asiento debido de las vigas en la madera entera.

551. Las tornapuntas, tirantes, y otras piezas destinadas á puntos sujetos á la compresion de grandes pesos, no necesitan de mas mortaja que la justamente precisa para impedir que aquellas

se deslicen ó muevan lateralmente de sus lugares, en caso de aflojarse por la contraccion de los materiales, ó porque estos experimenten alguna alteracion por haberse disminuido la carga que sostienen, ú otra causa cualquiera. Mientras mas llanas y parejas sean las superficies de tales piezas, mayor será su eficacia; por lo tanto, las tornapuntas se ajustan perfectamente y se clavan en vez de escoplearlas; ó en caso de recurrir á esta operacion, la espiga debe formarse corta y delgada, de modo que sirva mas bien para retener las partes en su lugar respectivo que para obtener por este medio resistencia.

552. Todas las juntas ó uniones que estén expuestas á recibir grandes impulsos se les dará consistencia y solidez por medio de abrazaderas de hierro, especialmente en las uniones de los pares y pendolones con las llaves. Las formas que generalmente se dán á dichos enlaces, son las que se demuestran en las figuras 82, 84, 87, 88, 89 y 90, en todas las cuales y representa los enlaces de los pares, y x los de los pendolones. Estos últimos mas comunmente usados, son muy sencillos, pues solo se reducen á una plancha de hierro de 3 á 4 pulgadas de ancho y de $\frac{5}{8}$ á $\frac{3}{4}$ de grueso, encorvada de modo que abrace ó pueda pasar por debajo de la llave, y abarque los lados de los postes reales (pendolones), como se ve en la figura 104, en la cual n representa el lado de un pendolon en doble espiga en su extremo inferior que atraviesa la llave p, representada en seccion trasversal, y una abrazadera ó estribo rodea al uno y á la otra, del modo que se vé en qoq, subiendo hasta la altura de dos á tres piés los lados del pendolon, y encorvándose ó volviendo hácia afuera en sus extremos superiores qq. Se les dá esta vuelta ó curvatura con el objeto de que por esta parte descansen sobre piezas cuadradas de hierro que se clavan á los lados de dichos pendolones. Se suelen clavar algo mas abajo, y sobre las abrazaderas otro par de las referidas piezas, y se acaba por asegurar aquellas clavándolas por los agujeros que al efecto se forman préviamente en ellas. Por este medio se consigue una fuerte abrazadera de hierro, que contribuye á resistir el impulso que experimenta, y por el órden en que se aplica se reduce á la fuerza de unos cuantos clavos. Cuando he hecho uso de estas abrazaderas, he dispuesto casi siempre que los extremos encorvados fuesen mas largos, y que en lugar de doblarlos hácia afuera se ejecutase á la inversa, de modo que se introdujesen en unos agujeros hechos de intento en los la-

dos del pendolon para recibirlos, aplicando las mismas piezas de hierro cuadradas y clavos que en el caso anterior. De este modo dichas abrazaderas no harán descenso alguno, á menos que sus extremos se partan ó se salgan de la madera. Sin embargo, la mejor forma que se dá, y es la mas á propósito para las referidas abrazaderas, es la que se muestra en la figura 105, en donde J representa la vista por un lado, y K una seccion. J es la vista de un lado de una abrazadera ó estribo, idéntica á la que acaba de describirse, con la diferencia que no lleva curvaturas en sus extremos superiores, sino que están extendidas y horadadas, con agujeros rectangulares y opuestos para introducir en ellos el *pié de gato* r, y las claves cruzadas ó cuñas s, como se ve en la figura ó seccion K. Fórmase al través de la madera un hueco que corresponde exactamente con el tamaño y la figura que tiene la abrazadera en los referidos extremos; el fondo de este hueco ha de quedar algo mas elevado que los de los agujeros de los extremos de hierro, y en ellos se introduce y asienta el pié de gato: este hace su oficio, reteniendo ó afianzando las dos planchas del estribo con los lados del poste, y sirve á la vez de firme apoyo para que las cuñas obren con toda seguridad. Se encajan y aprietan seguidamente las cuñas, y por este medio se logra poner en contacto inmediato y perfecto al pendolon y la clave, y si por algun evento ocurre con el tiempo contraccion ó descenso, con el auxilio de estas mismas cuñas puede afianzarse de nuevo la junta. La misma figura J representa igualmente la forma de un pendolon con sus correspondientes hombros, corona ó cabeza y su escopleadura para el hilero; y t una especie de abrazadera que se clava á cada lado de la corona para unirla mas firmemente con las cabezas de las vigas ó pares principales.

553. La figura 106 demuestra un método de unir las maderas y fortalecer sus juntas escopleadas. La escopleadura se forma del modo ordinario y la espiga que no sobresalga del lado opuesto. Despues de armada la union ó junta se taladra un agujero por medio de dicha junta en el pendolon que se pretende unir, como en v, y seguidamente se introduce un perno de hierro con rosca que obra en una tuerca entornillada que al efecto se coloca por un hueco que se hace por el lado u. La cabeza de este perno con rosca trabaja sobre una plancha de hierro w, que debe ser mayor que la escopleadura para que pueda hacerse firme en rededor de la madera sólida.

554. El órden de colocar los estribos de hierro para afianzar los piés de los pares á las llaves, segun se ve en *y*, en las figuras anteriores de techos, y representa en escala mayor la letra F en la figura 103, es con frecuencia erróneo, porque dichas abrazaderas se clavan muy á menudo con firmeza ó se colocan en la llave formando ángulos rectos con las vigas; por consiguiente podrá presumirse que los extremos inferiores de las referidas abrazaderas quedarian inmóviles; mas el cambio que se verifica en la posicion de una viga cuando se carga con algun peso, ó está expuesta á la accion del tiempo ó de la humedad, es el de cimbrarse parcialmente y extenderse ó dilatarse hácia el extremo de la llave. El estribo de esta suerte colocado, no hace mas que mantener sujetas en su lugar las vigas que no lo necesitan, mas no remueve los defectos ya mencionados, pues si la viga hace descenso, se separa del hierro, ó lo dobla y arrastra tras sí, ó bien se parte por el punto *x*. Todo enlace de hierro debe colocarse de tal suerte y conformidad que pueda oponerse al cambio que se quiera precaver en direccion de su largo; así pues, se acomoda de modo que coincida todo lo mas que se pueda con la direccion de la llave, ó al menos en una posicion mas inclinada que en la que generalmente se dispone, y por consiguiente debe introducirse en la mortaja hecha al intento en la superficie de la viga para impedir se salga de su lugar. La figura 107 representa un estribo colocado del modo ya referido, y en vez de estar clavado á los lados de la llave, se atraviesa un perno con rosca por en medio de dicha llave y los extremos de aquel que rematan formando ojos, con lo cual no solo se asegura mas firmemente á la referida llave, sino que permite que esta se acomode á cualquier movimiento ó variacion que ocurra en las vigas, sin peligro de romperse.

555. Los principios que acaban de explicarse dán muy pocas nociones sobre la construccion de pisos de madera, y techos interiores ó cielos rasos. Un suelo ó piso de madera, es una plataforma hecha de este material, que se construye generalmente atravesando maderos en un vacío para que produzcan fuerza, los cuales se cubren con tablas perfectamente unidas, con el objeto de formar una superficie plana y continuada. Los cielos rasos, al contrario, son cubiertas de viviendas que igualmente se construyen colocando vigas de menos resistencia, y en cuyos lados inferiores se clavan listones que se cubren ó revisten con mezcla ó yeso, y á veces con tablas delgadas. Los maderos que se usan para sostener

los suelos, se llaman alfardas ó tirantes, y alguna vez *alfardas para-suelos*, para distinguirlas de las que se emplean en la construccion de los techos interiores, á las que siempre se llaman *vigas de techos* ó de techar. Los cielos rasos se construyen con frecuencia debajo de los pisos formados con vigas, y consiguientemente no se necesitan en estos casos alfardas ó vigas de techar ó viguetas.

556. En los casos en que el espacio que ha de entablarse no requiere vigas de mayor tamaño que el de 10 á 15 piés, estas solo son piezas de madera que atraviesan de uno á otro muro, y que por las razones ya expuestas (§. 357) deben llevar menos grueso que peralto ó espesor. Por consiguiente, es de suma necesidad que sus lados superiores sean llanos y nivelados, para que las tablas con que se han de cubrir asienten por igual; y como los aserradores al tiempo de aserrar no ponen el mayor cuidado en los anchos de las piezas, tan preciso y necesario en estos casos, debe procurarse remediar este mal, y darles la debida forma para conseguir la igualdad requerida, rebajándolos por debajo en aquellas partes que lo necesitan y han de asentarse sobre la viga maestra ó solera, porque los maderos no deben descansar sobre las obras de ladrillo, sino en una solera de madera que se coloca de intento para recibirlos. Cuando la extension ó espacio es mayor que el arriba citado, en tal caso es de necesidad dar apoyo á las vigas en la parte del centro; y esto se verifica empleando uno ó dos cuartones ó maderos enteros que atraviesen de un lado á otro del aposento ó vivienda.

557. Estos cuartones se colocan de varios modos segun la naturaleza de la obra que se trata de ejecutar; mas siempre han de ser completamente cuadrados y sus cabezas deberán ir asentadas sobre soleras de madera, ó sobre chapas de hierro colado preparadas, que se introducen para el efecto en los lados de los muros. En los casos en que los aposentos sean mas largos que los citados, los cuartones deben extenderse entre los dos muros mas inmediatos de dichas viviendas, y no han de empalmarse si fuere posible, pues deben ser piezas enterizas.

558. Rara vez se encuentran palos largos cuadrados y derechos: y cuando son encorvados (probablemente por mala colocacion mientras se sazonan) se dice que *forman combas*, ó que tienen *combas ó vuelta*, y generalmente se destinan para cuartones. Pero al tiempo de colocarlos se ponen con la parte convexa hácia arriba, porque los suelos nuevos y de grandes dimensiones sin apoyo de-

bajo, deben construirse con esta corta convexidad hácia arriba, pues con el tiempo pueden probablemente quedar de nivel, porque todos los maderos largos, cuando solo están apoyados sus extremos, hacen naturalmente descenso ó cimbran por su propio peso: la reduccion de esta comba por esta causa producirá una superficie plana y nivelada, mientras que si desde el principio se hubiese construido así, adquiriria al cabo de algun tiempo una forma cóncava.

559. En los molinos, almacenes, fábricas y demas clases de edificios que generalmente se construyen bajo la direccion del ingeniero, y requieren mas firmeza y solidez que hermosura, las vigas se colocan simplemente al través del cuarton formando con este ángulos rectos, y sin mas preparativos que escoplear y ensamblar sus lados inferiores en la parte superior del cuarton, hasta la profundidad precisamente necesaria para obtener una superficie plana para clavar en ellas las tablas. Alguna vez se ensamblan los cuartones y las vigas entrando estas en aquellos, y viceversa, con cuya operacion se logra que ambos se mantengan siempre en sus respectivos lugares. Sin embargo, con esta construccion se dá al edificio mayor altura que la que tal vez se pretende ó es necesaria, particularmente si hay que formar cielos rasos debajo de los suelos. Sea pues *aa* (figura 108) una seccion trasversal de dos cuartones de 14 pulgadas de espesor cada uno; *b*, las vigas colocadas sobre aquellos, de 9 pulgadas de grueso, y sobre ellas las tablas *dd* de $1\frac{1}{2}$ pulgada; la distancia que mediará desde la parte inferior de cada cuarton á la superior del piso que sostiene, será de $24\frac{1}{2}$ pulgadas, y si se quiere formar un cielo raso corrido por la parte inferior de los cuartones, entonces esta altura desapareceria en cada uno de los suelos. El método acostumbrado para formar estos cielos rasos en dichos suelos ó pisos, es clavar los listones de enyesar inmediatamente debajo ó por la parte inferior de las vigas, dejando casi todo el cuarton á la vista, proyectado hácia la vivienda de abajo. Si se quiere hacer un cielo raso corrido ó que oculte los cuartones, se verifica ensamblando vigas ligeras de techar, como *c*, entre los cuartones, y tan al ras de sus lados inferiores, que los listones que en ellas se claven, pasen por encima de los cuartones sin formar salida alguna: sin embargo, en los edificios bien construidos no es admitido formar los cielos rasos que se ejecutan con yeso, inmediatamente debajo de las vigas de un suelo, porque el yeso es quebradizo y muy

propenso á abrirse y aun á desconcharse y caerse á causa de las concusiones y vibraciones del piso superior; mas cuando se adoptan las vigas de techar separadamente, el yeso queda mas seguro y menos expuesto á un accidente.

560. La figura 108 representa la seccion de un piso que puede hacerse considerablemente mas bajo, si cada una de las vigas se ensambla hasta la distancia de 4 pulgadas en la parte superior de los cuartones, y estos como 1 pulgada en cada una de las partes en donde se cruzan las vigas. Con esta operacion se logra bajar el techo 5 pulgadas sin debilitar mayormente su fuerza. Mas el método mas comunmente adoptado en la construccion de casas y otras fábricas, en las que la altura de las viviendas es de alguna consideracion, se reduce á comprender todo el grueso del piso en el espesor del cuarton solamente, lo cual se ejecuta de dos modos. Primero, ensamblando los extremos de cada viga en los lados de los cuartones, procurando que queden sus partes superiores á nivel y dispuestas para recibir las tablas que han de componer el piso, en cuyos casos se llaman *vigas de puente ó formando puente*; y segundo, empleando fuertes vigas que se ensamblan en el cuarton á la distancia de 6 piés unas de otras, que deben tener el mismo espesor que el cuarton mismo, y se llaman *vigas de sujecion ó de enlace*, y en estas se ensamblan las vigas comunes formando puente en direcciones paralelas á los cuartones, y en ambos casos deben emplearse las vigas de techar separadamente. Los pisos construidos con vigas de sujecion y de puente consumen menos madera que los que se forman con solo estas últimas, pues aunque las primeras son de algun espesor, no obstante, su número es comparativamente menor que el de las segundas, que puede reducirse por lo poco que tienen que sostener. El beneficio que de esto resulta es á la verdad insignificante, pues que generalmente se cree que se logra dar mayor resistencia á la misma porcion de madera mientras menor sea el número de escopleaduras que se hagan en una viga; no obstante se verá muy luego, que si estas se forman debidamente y en el lugar que corresponde, no debilitan tanto los maderos como se supone.

561. Con frecuencia hay que dejar huecos en los pisos y techos para dar paso á los cañones de las chimeneas, para los claros de las escaleras, trampas, construccion de claraboyas &c.; y cuando á los primeros sea necesario darles mas ancho que el de la distancia que medie entre las vigas, ó entre estas y los cuartones, es preciso

*

emplear una viga, que se coloca trasversalmente para que sobre esta descansen los extremos de aquellas; á esta pieza ó viga se llama *paguazo* y tambien *brochal*. La figura 109 representa la vista y distribucion de un piso comun de madera: *d*, *d*, es un muro de ladrillo con su solera y enlace de madera para recibir los extremos de las vigas comunes *e*; *f*, representa una chimenea en la que se suprimen las vigas por el temor de que se incendien, por lo que se colocan dos alfardas ó vigas de sujecion ó de enlace mayores que las comunes, una á cada lado de la chimenea, como en *g*, *g*; *h* es la pieza traviesa ó paguazo que vá ensamblada en las alfardas de los lados, y sobre la cual descansan los extremos de las vigas medianeras *n*, *n*, que por este medio se ponen á cubierto de cualquier daño que pudiera originarles la accion del fuego. El espacio que queda entre *h* ó el frente de la chimenea y el paguazo se cubre con una obra de ladrillo en forma de arco para sostener el hogar. Se introduce el cuarton *i* con el objeto de sostener las vigas colocando uno á cada 8 ó 9 piés, en los casos en que las viviendas sean tan anchas que se necesite ocurrir á esta precaucion. Cuando las vigas son tan largas que puedan conmoverse ó vibrar lateralmente, se logrará dar á los pisos de que estas forman parte mas tesura y estabilidad, si se ensamblan entre las vigas piezas cortas de tabla como *kk*; y cuando se quiera impedir la trasmision del sonido por dichos pisos, se clavan listones de 1 pulgada en los dos lados de cada viga á la distancia de 6 pulgadas de la superficie superior, con el objeto de que sirvan para sostener piezas cortas de tabla que han de colocarse entre ellas, y con las cuales se han de cubrir todos los huecos y hendiduras que se hallaren en toda la superficie. Los espacios que quedan entre las juntas se tapan ó llenan con el aserrin solo, ó hecho una pasta ó mezcla con arcilla. Esta composicion se dejará secar antes de cubrir ó entablar los pisos.

562. La mejor madera para construir pisos, es el pino amarillo y el roble. En las casas bien construidas, el grueso de las tablas que han de servir para este efecto ha de ser á lo menos de pulgada y media, antes de acepillarlas. Las tablas solo se acepillan ó *avian* por la cara superior y por los cantos; y como dichos suelos ó pisos deben quedar perfectamente planos, se rebajan desde luego las tablas por la cara inferior ó que queda debajo, lo que dá mas perfeccion y cuesta menos trabajo que el acepillarlas por toda su cara inferior. Esto se verifica por medio de un cepillo de la figura correspondiente y á propósito para este efecto, con el cual se rebaja á las tablas 1 pulgada de ancho por la parte inferior y junto á ambos cantos, de manera que estos queden de unos mismos gruesos para lo que se tiene un escantillon al intento. Hecho esto, la porcion saliente de madera que queda entre los dos rebajos se corta, valiéndose para ello de una azuela, de modo que los dos rebajos de los lados vienen á quedar en línea recta con aquella parte que cae por encima de cada viga; por consiguiente las tablas que se preparan, asientan y clavan de este modo, deben precisamente formar una superficie plana y pareja, siempre que dichas vigas hayan sido bien colocadas y dispuestas.

563. Los mejores pisos son los que se construyen con *alfagías*, esto es, tablas angostas que se cortan ó sacan del centro de los maderos, de modo que tengan todas un mismo color y estén exentas de suco. Distínguense sus cualidades llamándolas de *primera*, de *segunda* y *comunes*. Las primeras ó mejores no tienen nudos, grietas ni fibras atravesadas; mas en las segundas se encuentran algunos pequeños nudos é irregularidades. Son de 4 á 7 pulgadas de ancho, y todas las que pasan de este pierden el nombre con que se distinguen, y se llaman tablas. Empléanse estas tablas angostas en los pisos de mejor construccion, porque estan menos expuestas á tomar vuelta ó á encorvarse que las tablas mas anchas. Se dan á los pisos distintos nombres, segun la disposicion en que se colocan las tablas; tales son, los de *suelos plegados ó de juntas rectas*, *suelos rebajados*, *suelos machiembrados* y *suelos grapados*. Los primeros son los mas baratos y comunes. Los cantos de las tablas se recorren bien con un cepillo, esto es, se forman todo lo mas recto posible; se coloca la primera sobre las vigas y en el lugar correspondiente sobre estas, y se asegura con dos clavos propios para este efecto; colócase seguidamente la segunda, la cual se pone y ajusta en contacto inmediato con el canto de la primera, valiéndose para esto de un tornillo ó prensa semejante á la palanca y construido expresamente para este efecto y por medio de cuñas y clavos para sujetarlas con la presion. En este órden se sigue la misma operacion hasta concluir el piso. Si las tablas no son suficientemente largas para poder alcanzar á los extremos de la pieza, en este caso la cabeza de una tabla debe besar ó ponerse al tope con la de la otra, y dichas juntas se quiebran ó alternan como en las obras de ladrillo, es decir, que no deben quedar contiguas, y sí á alguna distancia de los lados de la tabla entera inmediata,

pero siempre sobre una viga para que los extremos queden apoyados en ella. Los clavos para entablar los pisos vienen á ser como cuñas de hierro de forma cónica ó piramidal y sin cabezas, porque estas desfigurarian los suelos, y por lo mismo al clavarlos se introducen algo mas abajo de la superficie de la tabla con el objeto de que no obstruyan el uso de la garlopa para allanar las desigualdades que hubieren quedado en las juntas, que es la última operacion que se hace en los pisos. Las tablas que han de servir para formar los suelos deben acepillarse y ponerse aparte al aire libre en lugares secos, mucho antes de clavarlas, á fin de que se sequen con el tiempo; sin esta precaucion se abririan, las juntas se separarian, y por ellas se introduciria el aire y el polvo y pasaria el agua con que se friegan los suelos, cuyo mal se trata de evitar construyéndolos bien rebajados ó bien machiembrados.

564. Llámase *rebajo* en el arte de ensamblar, á un corte longitudinal rectangular que se forma en el canto ó lado de cualquiera pieza por medio de una herramienta llamada *guillame*. Así, pues, los cortes que se dan en los marcos ó armaduras de vidrieras para colocar los cristales y la masilla que los sujeta, se llaman *rebajos*; del mismo modo se dice de las tablas que se cortan por los cantos hasta la mitad de su grueso, como en *k*, *l* y *m* (figura 110), que estan rebajadas por los cantos. Rebajada la mitad del grueso de una tabla por la parte superior en *k*, y la mitad de la otra por la inferior en *l*, si estos dos cantos se unen uno con otro formarán la junta empalmada que se ve en *m*, á la cual se le dá el nombre de junta rebajada, y de este modo se forman los pisos rebajados, en los cuales se ajustan dichas tablas y se clavan del modo ya referido.

565. El machiembrado es aun mas cerrado é impide mas efectivamente la introduccion y paso del polvo, del aire y del agua. Para ello se hace un rebajo doble en uno de los cantos de una de las tablas ó un rebajo de cada lado, de modo que quede como la espiga ó perfil *n* (figura 111) en medio de dicha tabla y como de dos tercios de su grueso, mientras que en la otra se forma la correspondiente cabida ó canal *o*; por consiguiente cuando estos dos cantos se unen, vienen á formar una junta parecida á la que se representa en *p*. Esta concavidad ó canal se forma con una herramienta llamada *machiembrador*, y de aquí toma su nombre la operacion.

566. La junta de lengüeta ó espigada produce el mismo efecto

que la que se acaba de describir, y es mas comun porque no dá tanto trabajo para hacerla ni se desperdicia tanta madera. Para formarla se acanalan los dos cantos de ambas tablas; la lengua ó espiga es una pieza separada de madera del ancho necesario que ocupa todo el hueco de las canales ó rebajos cuando se unen dichos cantos. Ninguna de estas juntas es tan buena para la construccion de suelos ó pisos como la rebajada, pues que en esta se deja á los cantos de las tablas la mitad de su grueso, mientras que en la machiembrada cada parte saliente solo tiene un tercio de su grueso; por consiguiente esta junta está mas expuesta á partirse, bien sea por las concusiones que reciba el piso, ó bien cuando pierda este su nivel.

567. Los suelos *grapados*, que son los que siempre se usan en los edificios mas bien construidos, se forman con mas trabajo y detencion. Las juntas de las alfagías son regularmente rectas, y se taladran por agujeros unos frente á otros en los cantos de las que han de ponerse en contacto, y en ellos se introducen espigones ó grapas de madera, del mismo modo que se ejecuta en las obras de albañilería (§. 438). La primera tabla se clava solo por el canto de afuera, de modo que los clavos queden ocultos por la orla ó cinta con que se circundan las viviendas. Se clava en seguida el otro canto de dicha tabla, no por encima, sino de lado ú oblícuamente, repitiéndose la misma operacion con las demas tablas hasta concluir; y como la primera tabla se ha colocado de firme, y las grapas de la inmediata mantienen sujeto uno de sus lados mientras los clavos oblícuos hacen igual oficio en el otro, es claro que en estos suelos no se descubre un solo clavo. Aplícanse siempre las grapas en este método una entre cada viga, y con frecuencia otra á mas de estas sobre cada una de las mismas vigas.

568. El ensamblar las vigas en los cuartones es operacion que requiere mucha escrupulosidad y cuidado, pues si se ejecuta con tino, apenas se altera en nada la resistencia de aquellos, como se ha dicho en otro lugar (§. 454). Con referencia á lo ya establecido (§. 338) sobre los efectos que obran en una viga colocada horizontalmente y expuesta por la parte superior á la presion, deberá recordarse que las fibras de la parte inferior de dicha viga están expuestas á la expansion, mientras que las de la superior se comprimen. En este caso, el corte ó rebajo que se hiciere desde el canto superior hasta cerca de la mitad de una viga, la debilitaria sin duda alguna, porque entonces toda la materia

que oponia resistencia ha desaparecido, y por lo tanto, los lados rebajados se unirán precisamente. Mas si el material que se ha rebajado en dicho corte ó hueco, se repone con otra materia de la misma consistencia, ó aun de mayor solidez, y que pueda oponer la misma resistencia á la presion que el madero en su primer estado, es claro que en nada se alterará su fuerza. Esto está probado con varios experimentos hechos por Mr. Du Hamel, quien tomó seis piezas de sáuce de 36 pulgadas de largo, y de $1\frac{1}{2}$ en cuadro, y despues de haberlas colocado por sus extremos sobre dos puntales; les aplicó en el centro el peso suficiente para cimbrarlas y romperlas, verificándose esto último con la fuerza de 525 libras aproximadamente. Sirvióse de otras seis varas de las mismas dimensiones, á las cuales les hizo un rebajo ó hueco equivalente á un tercio de sus gruesos, desde la parte superior hácia el centro, y despues de haberlos llenado ó repuesto con cuñas de madera dura algo apretadas, las sometió seguidamente á la presion, y al fin vinieron á partirse con el peso de 551 libras próximamente. Volvióse á hacer la experiencia con otras seis varas iguales, á las cuales se dieron los cortes hasta la mitad de sus gruesos, y despues de haberse hecho la misma operacion que con las anteriores, se partieron al fin con la fuerza de 542 libras. Tornáronse á cortar otras seis varas hasta las tres cuartas partes de sus gruesos, y se partieron con 530 libras, cuya fuerza es aproximadamente la misma que opusieron las varas en su estado primitivo. Profundizóse otra barra hasta las tres cuartas partes de su grueso, y se cargó hasta que estuvo próxima á partirse; en este estado se retiró el peso, y se extrajo seguidamente la cuña. Repúsose esta con otra mas gruesa, con el objeto de dar á dicha barra la direccion recta que antes tenia llenando el espacio formado por la compresion de la madera, y despues de haberse cargado llegó á partirse con 577 libras. Por los referidos experimentos se ve, que mas de las dos terceras partes del grueso de una viga (y quizás las tres cuartas partes), en nada contribuyen á la mayor firmeza de aquella cuando se somete á la fuerza bajo las circunstancias ya referidas.

569. A mas de esto, es sabido que las acciones de una viga que está expuesta á la presion lateral son opuestas, pues que por una parte se ejerce la compresion y por otra la dilatacion, y existe muy poca ó ninguna accion en el eje de la fractura ó línea en donde estas dos fuerzas se encuentran y se neutralizan cambiándose una con otra; y que por este motivo, se puede separar la

sustancia sólida hasta cierto grado en rededor del eje de la fractura, abriendo un hueco ó de otro cualquier modo, sin mayor peligro de debilitar la fuerza ó resistencia de una viga. Estos principios indican con bastante claridad el órden en que deben ensamblarse las vigas en los cuartones; pues para que una junta quede bien ejecutada, la espiga ha de ser muy bien formada y deberá entrar ajustada en la escopleadura. Si la escopleadura se ejecuta muy inmediata á la parte superior del cuarton, este se debilita, porque se ha separado la porcion necesaria de madera sólida para resistir á la compresion; mas si la espiga que en ella se introduce llena completamente el vacío, suple de una vez el efecto, pues en este caso la referida espiga hace las veces de las cuñas ya mencionadas que sirvieron en los experimentos de Du Hamel, las que, como ya se ha visto restablecieron las fuerzas de las piezas. Aun mas, si en vez de formar la escopleadura inmediata á la parte superior de la viga, se ejecuta próxima al eje de la fractura, ó algo mas abajo del centro de su espesor, entonces puede la escopleadura atravesar enteramente la viga sin que por esto se debilite; pero en estos casos habrá que darles muy cortas dimensiones á las espigas, lo que las pondria en peligro de partirse cerca de sus hombros.

570. La forma de espigas que segun la experiencia es la adoptada por los mejores carpinteros para hacer la juntas ó para ensamblar los cuartones, conviene perfectamente con los principios ya establecidos, y dá la mayor firmeza posible á las vigas, sin perjudicar en nada la del cuarton, y se distingue por el nombre técnico de *aposentar en la escopleadura.* Esta forma de espiga se ve representada en la figura 112, en la cual A es el extremo de una viga, y B una seccion trasversal de un cuarton con el que aquella ha de ensamblarse: asimismo se manifiestan las muescas ó escopleaduras formadas en los dos lados opuestos. La espiga no tiene hombros laterales, sino que va formada en todo el grueso de la madera. La parte mas larga de dicha espiga *r*, es por lo regular cuadrada, y debe colocarse todo lo mas que sea posible opuesta al eje de la fractura del cuarton B. Si aquella fuere del mismo tamaño en toda su extension, como se manifiesta por las líneas de puntos, no tendria la resistencia bastante; mas si al hombro superior se dá el corte angular *sr*, no solo se hace mas fuerte, sino que el peso que debe sostener la viga, viene á ser soportado por mas de la mitad del espesor de la madera, y esta cantidad

se aumenta como tres cuartas partes mas por la salida angular dejada en el hombro inferior *t*: de suerte que la sola parte ineficaz de la viga es la que queda entre *t* y *v*; y cuando el cuarton es de mayor espesor que la viga, aquella parte viene á reducirse á nada, porque la espiga *r* queda mas baja. Las muescas de los lados se forman dándoles precisamente la misma figura que tiene la espiga; con esto se debilita muy poco la viga, pues que se corta muy poca porcion de madera sólida por la parte inferior y ninguna por la superior, debido todo á la direccion sesgada de la escopleadura; porque, segun se ha visto, la fuerza de una viga reside principalmente en sus lados extremos. El rebajo principal se hace en las inmediaciones del eje de la fractura, y en este lugar es donde menos se requiere la solidez en la madera.

571. Como la naturaleza prescribe á los árboles su tamaño y crecimiento, sucede con frecuencia que no se encuentran maderas de suficiente mágnitud, fuerza y tesura para la construccion de grandes obras, principalmente para los cuartones de los suelos ó pisos, los cuales por su naturaleza no admiten los medios de apoyo ya descritos y que se adoptan en las llaves de los techos. En estos casos las vigas de un tamaño extraordinario se ensamblan ó empalman con las vigas del tamaño mayor que puedan proporcionarse. La formacion de una viga se lleva á efecto uniendo ó juntando un cierto número de vigas por los medios ya descritos, ó por la operacion denominada *empatar ó empalmar* (§. 542), ó bien por el método de ensamblar tan comun y generalmente adoptado en la construccion de los grandes mástiles (§. 405) y en los puentes estupendos de madera erigidos en diferentes partes de los Estados Unidos, los cuales, en cuanto á lo atrevido de la idea y la inteligencia y destreza en la ejecucion, son iguales á cuanto bueno se haya ejecutado en esta clase de trabajo.

572. Llámase *embragar una viga* á la operacion de introducir materiales tersos, fuertes y compactos dentro de esta con el objeto de aumentar su fuerza y tesura; y como estos materiales se disponen bajo el mismo órden que los ya descritos para dar resistencia á las armaduras de los techos (en inglés *embragados*), de aquí llamarse embragar. Para embragar una viga, se proporcionarán dos maderos exactamente de las mismas dimensiones; ó tambien se podrá aserrar un madero de gran magnitud por enmedio longitudinalmente de modo que salgan dos piezas exactamente iguales, y segun el tamaño y fuerza que se quiera dar á

la viga, y mientras mayor sea el espesor que se le dé desde la parte superior á la inferior serán tanto mejor y mas á propósito para el caso. El embragado comun se verifica introduciendo piezas de madera muy dura y compacta en dichas vigas, en la forma y modo indicado en L (figura 113) que representa una de las piezas arriba dichas: *aa* son dos piezas de roble de 4 pulgadas en cuadro que se introducen en la viga, formando dos canales que correspondan al tamaño de las mencionadas piezas de roble, las que se colocan en la direccion angular indicada en la figura. Estas canales no tienen de profundidad mas que la mitad del grueso de las referidas piezas de roble, por consiguiente cuando se introducen en una parte de la viga, la mitad de su grueso queda saliente: se abren otras dos canales en la otra mitad de la viga, enteramente iguales á las primeras, de suerte que cuando se unan las dos mitades, se toquen ó vengan á quedar en contacto inmediato, y las piezas que se han introducido queden ocultas. Se traspasa el centro de las dos mitades con un perno ó barra de hierro con rosca en el extremo, con hombros en direcciones rectangulares á las piezas de roble, y cuya cabeza se extiende sobre ellas como se ve en *b*: los extremos superiores de las mencionadas piezas se abocan á aquel, mientras los inferiores quedan en contacto con cuñas agudas de hierro ó de madera muy dura y compacta, como en *cc*. Despues de unir las dos mitades con todas las piezas ya mencionadas que se colocan en su centro, se mantienen en contacto permanente, con cierto número de barrotes de hierro con rosca y tuercas, que pasan por los huecos indicados en la figura con puntos negros, de suerte que cuando la viga está concluida, adquiere la forma que se muestra en M, si se mira por un lado, y como N, vista de plano, ó cuando se mira desde arriba. Se introducen las piezas de roble en las canales formadas al efecto, para impedir toda posibilidad de que tomen vuelta ó se acorten, y si se aprieta la tuerca del tornillo *b*, como asimismo las cuñas *cc*, se podrá por este medio comprimir hasta el grado requerido, por cuyo medio se produce un embragado ó empalme de bastante efecto, pues que la parte inferior de la viga en cuestion hace el oficio de una llave entre *cc*; el barrote *b* el de un pendolon, y *aa* hacen las veces de dos vigas ó pares principales opuestos; y como el centro de una viga de este modo embragada ó empalmada no puede hacer descenso ó cimbrar sin comprimir y acortar antes las piezas de roble, claro está que estas vigas tie-

nen mayor tesura que las otras que no estan del mismo modo dispuestas: por lo tanto úsanse con frecuencia los cuartones empalmados para vigas ó soleras maestras.

A lo que principalmente debe atenderse cuando se embraga ó empalma una viga, es á la clase de material de que se ha de formar el empalme ó enlace, el que debe tener todas las cualidades competentes para resistir á la compresion: asimismo debe atenderse á la escrupulosa exactitud en la formacion de las juntas de todas las piezas que la componen, teniendo cuidado de darles firmeza y estabilidad, como tambien el que los ángulos del ensamblado sean todo lo menos obtusos posible. Por esta razon siempre se exige el roble para las piezas interiores; mas se recurre con frecuencia al hierro colado, y para disminuir su peso, se adopta la forma de la figura 42, pero rematando en planchas ó extremos planos para aumentar las superficies que se abocan ó apoyan. En los casos en que se emplean estas piezas interiores de hierro, no hay necesidad de cortar tanta porcion de madera, pues que no hay precision de que las dos caras interiores de las dos piezas que forman la viga esten en contacto. Cuando los empalmes ó embragados son de madera, las piezas centrales del empalme se forman por lo regular de madera dura, y en este caso debe dárseles la figura de cola de pato como en O (figura 113), para impedir de este modo que salgan de su lugar. Mas el barrote de hierro con rosca ya mencionado es mejor, pues por su medio puede asegurarse y apretarse el empalme hasta el punto que se quiera, ó en los casos en que la viga por efecto del tiempo haga algun descenso ó cimbre. Tambien se forman las cuñas de madera, pero son mejores las de hierro colado, porque la madera delgada está expuesta á partirse ó estallar cuando se somete á una fuerte presion. Dichas cuñas deben ser lo mas anchas posible, de modo que repartan la presion sobre la mayor superficie de la seccion de la viga; mas este ancho no debe exceder del tercio del de la viga. Las referidas cuñas se colocan bien distantes de los extremos de las vigas, para impedir que la madera que las sostiene se hienda y salte de su sitio, porque si los extremos inferiores de las piezas encontradas, ó el de uno solo pierde su apoyo, desaparece toda la firmeza y consistencia del embragado. Las cuñas no deben quedar á la faz de los muros, ó en otros cualesquiera parages en donde las maderas estén expuestas á podrirse, sino que deben colocarse á distancia de 2 á 3 piés hácia dentro de los muros, pues que los maderos rara vez se parten inmediato al

extremo por donde están sostenidos, y necesitan de apoyo en sus centros. Esta circunstancia es al mismo tiempo favorable, porque facilita el medio de formar los ángulos de las abrazaderas menos obtusos, y mientras mas cerca esten unos de otros los extremos de las piezas encontradas *cc*, y mayor sea el espesor de la viga por su centro, mucho mas fuerte y consistente será el empalme.

573. Existe otro método para hacer que produzca mayor efecto la posicion del ángulo, consiguiéndose formar una viga empalmada mas larga que la que se podria obtener por el uso de una pieza de las ya descritas; esto se verifica por medio de un embragado doble, consistente en dos abrazaderas como las del anterior y un tirante, segun se ve en la figura 114. Todo cuanto se ha dicho con referencia al ensamblado anterior, es aplicable al presente, con la diferencia de que en vez de juntarse las dos abrazaderas y ponerse en contacto ó apoyarse en un solo barrote ó á una sola cuña ó clave como en aquel, en este se apoyan en dos barrotes, ó en dos cuñas que se mantienen separadas por la interposicion del tirante *dd*. Esta pieza tiende constantemente á empujar hácia arriba y salirse fuera de su lugar; pero esto se evita si se la sujeta en sus dos extremos por las cabezas de los tornillos ó barrotes de límites *dd*. Dicha pieza puede tambien formarse mas ancha que las abrazaderas, de modo que venga á quedar cubierta en toda su extension por ambos lados entre las dos caras interiores de las dos mitades de la viga, ó puede sujetarse y mantenerse en su lugar con planchas gruesas de hierro de figura de T que se introducen en la viga y se afianzan á ella con tornillos y sus correspondientes tuercas por la parte inferior.

Aunque se dá fuerza y tesura á las vigas por medio del embragado, sin embargo, no es tanta la fuerza adicional que aquellas reciben, por la gran oblicuidad de las abrazaderas, como generalmente creen los artesanos, á menos que la viga sea corta ó que el punto del empalmado se traiga sobre esta, lo que muy á menudo sucede cuando la altura de la fábrica permite perder mucho terreno por debajo de los pisos. La figura 115 representa una construccion de madera bajo este medio, y en la que con bastante facilidad se comprenderán todas sus partes despues de las descripciones ya hechas. En las construcciones de esta especie es claro que no se pueden escoplear las vigas, sino que se coloca una série de ellas de sujecion ó de enlace *aaaa* sostenidas por las piezas de madera *bb* que descansan sobre la maestra, y sobre aquella se colocan

vigas de puente ó formando puentes como en *cc*, cuyas superficies superiores quedan al nivel con la parte mas alta del empalmado para que las tablas del piso puedan colocarse sin interrupcion.

574. Se construyen con frecuencia de hierro estas armaduras en vez de hacerlas de madera, principalmente en los molinos y establecimientos manufactureros; mas si la luz, claro ó distancia de uno á otro muro es de alguna consideracion, no debe confiarse mucho en el hierro colado. Este metal puede resistir un impulso inmenso de compresion, mas como de naturaleza quebradizo, es menos seguro cuando se somete á la fuerza de extension, y con particularidad si está expuesto á sacudimientos ó concusiones. Por esta razon, cuando haya de emplearse el hierro en la formacion de llaves, se deberá verificar con hierro maleable, ó dulce. La figura 116 representa una viga principal ó crucero construida del modo referido. Consta de tres piezas ó planchas de hierro colado con sus hembras, de modo que al tiempo de armarlo puedan pasarse por ellas barrotes de hierro con roscas que llevan sus tuercas y se introducen por las juntas rectas *dd*. Las piezas de los extremos pueden formarse por un mismo modelo; en ellas se dejan grandes huecos para hacerlas mas ligeras. Para impedir que el empalmado haga descenso ó cimbre por el centro, se emplea un barrote de enlace de hierro forjado, como se ve en *e*, el cual lleva formada una cabeza por un extremo, y por el otro una rosca ó gusano con su correspondiente tuerca (ó un ojo en el cual se introduce una cuña ó clave), por cuyo medio se endereza y afirma el barrote. Este debe pasar por medio de cañones de hierro colado inmediato al pié del empalmado, y sería mejor suspender el barrote por medio de barras con ojos que lo mantengan sujeto á la parte inferior de la obra de hierro; así no solo se impide que haga descenso, sino que se evitan las vibraciones. Aunque se ha dicho que esta obra de hierro colado se compone de tres piezas, no obstante, sería mejor fuese de dos y aun de una sola pieza, con tal que el hueco ó espacio no sea de mucha extension. Estas armaduras de hierro solo se emplean para sostener y dar mayor resistencia á los pisos de madera, de hierro ú otro cualquier material; así, pues, habrá que colocar sobre ellos cuartones pequeños ó vigas de sujecion ó de enlace trasversalmente, como *ff*, y sobre estas, vigas comunes en la misma disposicion, y como si no se hubieran empleado tales armaduras.

575. En la construccion de un techo con pendolon, todas las

piezas que lo componen están sujetas á la fuerza de compresion menos aquel que lo está á la de extension; mas los principios en nada se alteran si la compresion sustituye á la extension, esto es, siempre que se elijan los materiales convenientes y que puedan oponerse á la fuerza; por lo tanto este modo de construir es el comunmente adoptado en las vigas ó balancines de las máquinas de vapor, resultando lo mas económico y ligero que puede obtenerse. La figura 117 representa la pieza de que se ha hablado, en la que las partes *gg hh* son de hierro colado, sin tener en modo alguno la resistencia bastante para el objeto ú oficio que han de ejercer; mas si se fijan y estiran los cuatro barrotes de hierro forjado *iiii* por medio de las roscas y tuercas que llevan en sus extremos para este efecto, se consigue darles fuerza y tesura hasta una vasta extension, porque en este caso ninguna de las partes de hierro colado *gg* cede, sin que antes se partan algunos de los barrotes *iiii*. Las partes salientes de hierro colado *hhhh* en nada contribuyen á dar fuerza y resistencia inmediata al balancin, pero desempeñan un oficio importante con respecto á los barrotes de hierro forjado, pues que los mantienen en sus posiciones rectas é impiden su vibracion.

576. Rara vez acontece que sea tan grande el espacio que se haya de entablar, que no se encuentren vigas de suficiente tamaño que alcancen del uno al otro extremo; mas para cuando esto suceda, se indica en la figura 118 el órden en que deben distribuirse y colocarse las vigas de poco largo. Los extremos de las piezas se apoyan en el muro por una cabeza, y por la otra se empalman del modo que bien claro se verá si se ocurre á la figura. Por la amplificacion de los mismos principios se puede construir el esqueleto de un piso de grande extension (nota 105).

577. Las dimensiones de las maderas que entran en la formacion de una armadura ó techo pueden determinarse con exactitud, pues que es muy fácil calcular el peso de la misma armadura y el de los materiales con que se cubre, y por consiguiente puede considerarse como un peso dado, á cuya totalidad nada hay que agregar sino alguno provisional, tal como el de la nieve cuando aglomerada sobre aquella se mantiene detenida, circunstancia que debe atenderse para el refuerzo ó dimensiones, que compensará sobradamente al peso de algunos cuantos hombres que se empleen en los reparos ó composiciones eventuales. Mas si el techo está de tal modo situado que se calcule que en cualquier tiempo pueda verse

cubierto de espectadores ó concurrentes á alguna exhibicion ú acto público, en este caso se debe hacer el aumento correspondiente. En verdad debe darse á todo techo mucha mas resistencia que la justamente necesaria para sostener los materiales con que va cubierto. En los pisos el caso es muy diverso; no se les puede dar (en lo general) el mismo sostenimiento ó apoyo que á los techos, y sin embargo, están mas expuestos á la variacion de pesos, pues que una vivienda puede ocuparse hoy, y mañana estar desalojada, ó á veces llena de gente, ó puede convertirse de un momento á otro en almacen y depósito de efectos pesados. Por lo tanto se debe atender á esta circunstancia y construir los pisos proporcionalmente mas firmes y consistentes que los techos y armaduras; con este objeto se insertan á continuacion las reglas para dar á las maderas las dimensiones correspondientes (nota 106). Se han extraido de los Principios elementales de carpintería por Mr. Tredgold (*Tredgold's elementary principles of carpintry*). En las siguientes reglas sobre techos se supone que las alturas son un tercio de sus bases ó de los claros.

578. Llaves. Para saber las dimensiones de una llave que solo ha de sostener un cielo raso, dado el largo mayor de la parte sin apoyo ó el tiro.

Regla. Divídase el largo mayor de la parte sin apoyo por la raiz cúbica del ancho, y multiplíquese el cociente por 1,47 si es abeto, y si de roble por 1,52 (*), y el producto será el espesor que se requiere en pulgadas.

Ejemplo. Sea, pues, la parte mas larga y sin apoyo, de 17 piés, y el ancho de la viga, 9 pulgadas. En este caso la raiz cúbica de 9 es 2,08 muy próximamente; por consiguiente $\frac{17\times1,47}{2,08}=12$ pulgadas, es el grueso requerido.

Si la viga ha de sostener algun cuarto que se construya sobre el techo, en este caso la regla para buscar el grueso es la misma que hace referencia á los cuartones: véase esta.

Pendolones. *Regla.* Multiplíquese el pendolon en piés por el claro del techo tambien en piés; luego multiplíquese el producto por la decimal 0,12 si es abeto, y por 0,13 si es roble, y el resultado será el área en pulgadas, del pendolon; y si se divide esta área por el ancho se obtendrá el grueso, y por este se obtendrá el ancho. En estas dimensiones solo se comprende el cañon ó cuerpo principal del pendolon con exclusion de las prominencias ú hombros.

(*) Los números constantes empleados en esta y las reglas subsecuentes, se han tomado de las comparaciones de muchos techos, y otras construcciones que se han llevado á efecto, y se sabe que existen.

Postes reinas. La regla es la misma que la referente á los pendolones: esto es en cuanto al principio, pero se calcula diferentemente, porque el pendolon tiene que sostener toda la llave, y el poste reina solo mantiene una parte; así pues, multiplíquese el largo del pendolon por la parte proporcional del largo de la llave que ha de sostener el poste; vuélvase á multiplicar el producto por 0,27 si es abeto, y si es roble por 0,32, y se obtendrá el área del poste en pulgadas. Su grueso y ancho se obtendrán como en el caso anterior.

Pares principales, que se consideran apuntalados ó sostenidos por debajo de cada cuerda.

Caso 1.° Para buscar las dimensiones en los casos en que haya un pendolon colocado en el centro.

Regla. Multiplíquese el cuadrado del largo de la viga en piés, por el claro del techo tambien en piés, y divídase el producto por el cubo del grueso en pulgadas. Si es abeto, multiplíquese el cociente por 0,96 y dará el peralto en pulgadas.

Caso 2.° Para buscar las dimensiones en los casos en que ocurrieren dos postes reinas.

Regla. Multiplíquese el cuadrado del largo de la viga en piés, por el claro del techo tambien en piés, y divídase el producto por el cubo del grueso en pulgadas. Si es abeto, multiplíquese el cociente por 0,155, y se tendrá el peralto en pulgadas.

Los pares principales son regularmente del mismo grueso que los pendolones; por consiguiente, solo el peralto es el que se determina; y se calculan las demas dimensiones, porque las vigas ván en disminucion hácia arriba (§. 526), por la parte superior tienen como una pulgada menos que en el centro, y por la inferior como otra pulgada mas.

Tirantes ó sopandas. Para que una de esta clase de vigas tenga la mayor resistencia posible, su peralto debe ser con respecto á su ancho como 10 es á 7.

Reg . Multiplíquese la raiz cuadrada del claro del techo en piés por el largo del tirante en piés, y extráigase la raiz cuadrada del producto; multiplíquese la raiz por 0,9 si es abeto, y dará

el peralto en pulgadas: para buscar el ancho se multiplica por 0,7.

Tornapuntas y riostras. Estas deben colocarse todo lo mas perpendiculares que sea posible á la accion de los impulsos á que se han de oponer.

Regla. Multiplíquese la raiz cuadrada del largo que se ha de sostener en piés por el largo de la riostra ó tornapunta tambien en piés; la raiz cuadrada del producto se multiplica por 0,8 si es abeto y se obtendrá el peralto en pulgadas; y este multiplicado por 0,6 dará el ancho en pulgadas.

Cuerdas. Ninguna de las partes que constituyen un techo está tan expuesta á ceder con tanta facilidad como las cuerdas. Muy rara vez llegan á partirse, pero se pandean ó hacen descenso entre una cercha y otra, y de este modo son la causa que los techos pierdan su nivel ó uniformidad, requisito tan esencial en esta parte de los edificios. Para remediar este daño, al tiempo de aviarlas y darlas las dimensiones correspondientes, debe dejárselas mas bien mas que menos material del necesario; tampoco se escoplean en los pares principales, como sucede á menudo, sino que se tienden sobre estos del modo ya descrito; ademas deben proporcionarse todo lo mas largas que sea posible y lo permita el lugar en donde se coloquen.

Regla. Multiplíquese el cubo del largo de dichas cuerdas en piés por la distancia que media entre unas y otras, tambien en piés, y la raiz cuarta del producto dará el peralto en pulgadas, si es abeto; ó multiplíquese por 0,4 y dará el referido peralto si es roble; y el peralto multiplicado por 0,6 dará el ancho.

Los contrapares. Rara vez ó nunca se calculan, pues que una alfarda de 4 por $2\frac{1}{2}$ pulgadas tiene la resistencia suficiente para aplicarlo á cualquier uso. Mas los techos pequeños que solo van entablados y ripiados (cubiertos con tejamaní) ó forrados con materiales ligeros, pueden construirse con vigas de menores dimensiones, sin temor de ningun peligro.

Para los contrapares y cuerdas debe elegirse el pino ó abeto, con preferencia al roble, olmo ú otras maderas, pues que las primeras son menos propensas á cimbrarse ó torcerse con el calor del sol, como sucede con la mayor parte de las demas clases de madera.

579. *Reglas para computar el tamaño que han de llevar las maderas en la construccion de pisos.*

Vigas comunes ó puentes. Puesto que la mayor fuerza de las vigas consiste mas en su peralto que en su ancho, debe por lo tanto ser mayor la primera dimension. En verdad, el ancho no ofrece otra ventaja que la de dar la tesura suficiente para precaver la vibracion lateral, y tener la necesaria superficie para poder clavar las tablas cómodamente. Por lo tanto, las vigas comunes nunca deberán tener de ancho mas de 3 pulgadas, ni menos de 2. Una vez fijado el ancho, solo deberá buscarse el peralto, valiéndose de la siguiente

Regla. Divídase el cuadrado del largo en piés por el ancho ó espesor en pulgadas, y la raiz cúbica del cociente multiplíquese por 2,2 si es abeto, y si roble por 2,3 y se obtendrá el peralto en pulgadas.

Vigas de enlace y traviesas. Estas admiten dos casos:

Caso 1.° Para buscar el peralto cuando se dan el largo y el ancho.

Regla. Divídase el cuadrado del largo en piés por el ancho en pulgadas, y la raiz cúbica del cociente se multiplicará por 3,42 si es abeto, y si roble por 3,53 y se obtendrá el peralto requerido en pulgadas.

Caso 2.° Para buscar el ancho, cuando se dán el peralto y el largo.

Regla. Divídase el cuadrado del largo en piés por el cubo del peralto en pulgadas, y multiplíquese el cociente por 40 si es abeto, y si roble por 44 con lo que se obtendrá el ancho en pulgadas.

En estas reglas se supone que la distancia entre las vigas de enlace es de 6 piés; pero si esta distancia es mayor ó menor, entonces el ancho dado en la regla debe aumentarse ó disminuirse en proporcion, aunque la distancia entre las referidas vigas no debe ser mayor de 6 piés.

Cuartones. Puesto que las dimensiones de los cuartones están sujetas con frecuencia á las de los maderos que se aplican á este objeto y pueden buenamente encontrarse, se ofrecen dos casos, á saber:

Caso 1.° Para buscar el peralto de un cuarton, cuando se dán el ancho y la extension, ó espacio que ha de cubrir.

Regla. Divídase el cuadrado del largo en piés, por el ancho en pulgadas, y multiplíquese la raiz cúbica del cociente por 4,2 si es abeto, y si roble por 4,34 y se obtendrá el peralto que se pide en pulgadas.

Caso 2.º Para buscar el ancho, cuando se dán el largo de la parte que sostiene y el peralto.

Regla. Divídase el cuadrado del largo en piés por el cubo del peralto en pulgadas, y multiplíquese el cociente por 74, si es abeto, y si roble por 82, y se obtendrá el ancho en pulgadas.

En estas reglas se supone que los cuartones están separados unos de otros á la distancia de 10 piés, que es la mayor á que deben colocarse; pero si esta fuere mayor ó menor, se dará al cuarton el ancho proporcionado á la diferencia que resulte.

580. Vigas de cielos rasos. Estas no deben ser mas gruesas que lo justamente necesario para clavar en ellas los listones, y con 2 pulgadas que tengan, basta para llenar este objeto.

Para buscar el peralto de una viga de cielo raso, dado el largo de la parte que sostiene y el ancho.

Regla. Divídase el largo en piés por la raiz cúbica del ancho en pulgadas, y multiplíquese el cociente por 0,64 si es abeto, y si roble por 0,67 con lo que se obtendrá el peralto requerido.

Si se señalan 2 pulgadas para el ancho (que es el que generalmente se dá), la regla para las vigas de abeto en cielos rasos es muy fácil, pues en este caso la mitad del largo en piés es el peralto en pulgadas. La distancia entre estas vigas es por lo regular de 10 á 12 pulgadas de claro á claro; mas debe arreglarse al largo de los listones que puedan proporcionarse, de modo que se claven sin desperdiciar alguno ó sin necesidad de trozarlos. Los listones son por lo regular de 4 piés de largo, y se venden en atados de 100 cada uno. Con un atado, y 500 clavos propios para el efecto, se cubren 5 yardas ó 6 varas planas de cielo raso.

Las vigas para la construccion de cielos rasos, deben ser piezas largas, que se ensamblan y clavan por la parte inferior de las vigas de enlace. Un cielo raso dispuesto de este modo está menos expuesto á rajarse que cuando son mas cortas las vigas y se ensamblan en los lados de las de enlace, las que no solo se debilitan por esta operacion, sino que se emplea mucho mas tiempo en su ejecucion. Deberán ser de pino, de abeto ó de otra cualquier madera que no se pandee ó tome vuelta.

Hasta aquí no se ha tratado mas que del modo de dar á las construcciones la necesaria fuerza y tesura desde arriba, como en los techos, ó de aquellos que dependen enteramente de su propia fuerza, tales como los pisos y las divisiones de viviendas, ó los lados de las fábricas de madera; mas se ofrecen muchos casos en que el apoyo total ó parcial puede hacerse proceder de la parte inferior; y esto conduce á otro ramo importante de carpintería: tal es el de la

Construccion de puentes de madera.

581. Hay lugares en que es de necesidad la construccion de puentes, pero en que no puede facilitarse la piedra necesaria para el efecto, y otros en que aquellos son muy costosos; y como que los puentes de madera son aplicables á todos los usos, y su construccion está íntimamente relacionada con las dos últimas materias de que se acaba de hablar, pueden en tal virtud hacerse en este lugar algunas observaciones con relacion á ellos.

Los puentes de madera ofrecen á la vez ventajas é inconvenientes; son menos costosos que los de piedra, ladrillo ó hierro, pues la construccion de las cerchas para la formacion de estos por sí sola cuesta muchas veces tanto como la fábrica completa de los primeros, á lo que se agrega su mas pronta ejecucion. Pero por otro lado duran menos que los segundos, á causa de la natural propension de los materiales á dañarse, y cuando principia su decadencia, dán mucho que hacer, ocasionan muchos costos, y requieren un cuidado constante, porque las partes por donde generalmente fallan son las mas ocultas, las menos expuestas al aire y al sol, y con frecuencia las de mas difícil acceso cuando se requiere repararlas. Ademas, se interrumpe el tránsito, mientras duran las composiciones necesarias.

582. En los paises recientemente poblados, los puentes se construyen generalmente de madera, porque en aquellos abunda por lo regular este material, que comparativamente es de poco valor; en estos casos la economía y prontitud en la ejecucion de la obra son objetos de mucha importancia. Pero así que aquellos paises adelantan en poblacion y riquezas, cuando los referidos puentes llegan á menoscabarse, rara vez se reponen con el mismo material, sino que se recurre á otros de mayor duracion. La primera de estas construcciones, puede decirse que sirve para los casos urgentes ó del momento, y por un tiempo limitado, y la segunda para la posteridad. La ciudad de Lóndres ofrece dos de estos ejemplos. El puente de Lóndres, así llamado por ser el único que en-

tonces existia sobre el Támesis en aquella ciudad, se construyó primero de madera por el año de 994, y ciento sesenta y nueve años despues, se hallaba ya tan deteriorado que era inservible. En el año de 1163 se volvió á reedificar de madera, pero las corrientes destruyeron parte de él, y se resolvió construirlo de piedra, dándose principio á la obra en 1176 bajo el reinado de Enrique II, y se concluyó en 1209, bajo el de Juan: de modo, que la fábrica duró treinta años. Se demolió en 1830 despues de haber resistido el tráfico inmenso de Lóndres por espacio de mas de seicientos veinte años, no obstante haberse formado bajo los peores principios, y con poca ó ninguna ciencia ó arte. Este puente estuvo expuesto á las mayores pruebas, pues era el punto de mayor concurrencia y tráfico de Lóndres, y siempre se veia ocupado con pasageros y carros cargados de todas clases. La parte del rio en donde se construyó, tenia 985 piés españoles de ancho, y sus crecientes llegaban á la altura de 8 piés próximamente; pero por falta de disposicion é inteligencia se redujo el canal á solo 212 piés, formando 18 enormes estribos de piedra, que sostenian 20 arcos pequeños, de modo que cada veinte y cuatro horas, ó cada vez que bajaba la marea, se precipitaba por entre dichos arcos con la mayor violencia el torrente mas impetuoso que concebirse puede, con una furia capaz de arrastrar consigo otro cualquier puente que no hubiese estado construido con materiales de la mayor fuerza y consistencia. Esta circunstancia produjo graves inconvenientes, pues que impedia ó hácia peligrosa la navegacion del rio, por cuyo motivo se sustituyó con otro magnífico de piedra compuesto de solo cinco arcos, con lo cual se consiguió dar libre curso á las aguas, y por consiguiente hacer menos peligroso el tránsito. A la conclusion de este puente se derribó el viejo por contrata, y los operarios empleados en esta maniobra declararon, que estaba tan bien dispuesto y los materiales eran de tan superior calidad, que pudo haber durado algunos siglos mas, á no impedirlo el mal estado de sus cimientos, que se hallaban muy deteriorados á causa de la violencia de las corrientes que habian descarnado y arrastrado consigo el material que sostenia el pilotaje ó cimiento sobre el cual descansaban los pilares. Segun iban ocurriendo estas socavas, se rellenaban con masas de greda, y esta operacion, no solo se hacia muy costosa al cabo del año, sino que al mismo tiempo obstruia la navegacion. Se hace mencion de estos hechos, para demostrar las ventajas y duracion de un puente bueno y consistente, y para comparar este á otro construido sobre el mismo rio, el cual está situado á pocas millas al O. E. de aquel: llámase *Battersea Bridge* (puente de Batersea): es todo de madera y se construyó ciento diez años há. Este puente, que se ha convertido en una avenida de gran tráfico, es propiedad de una compañía ó empresa particular, la cual impone á todo pasagero ó traficante cierta contribucion con el objeto de mantenerlo en buen estado; mas eran tales y tan crecidos los gastos que se originaban en su refaccion, que apenas podian sufragarse con las utilidades que producia. Se ha calculado que en el espacio de quince á veinte años se renueva completamente toda la madera del puente, de modo que puede muy bien decirse que se reedifica cada veinte años. Al fin, la madera se reponia y sigue reponiendo con hierro colado, y por este medio se logra darle mas consistencia y duracion. En Inglaterra no se acostumbra techar los puentes, ni se guarecen con muros laterales para ponerlos al abrigo de los malos efectos del tiempo, como sucede en los Estados Unidos, en Alemania y otros paises; pero no queda la menor duda que esta precaucion saludable contribuye en gran manera á la conservacion y larga permanencia de estas construcciones.

583. Establecidos los principios referentes á la carpintería y ensambladura del modo ya referido, y tan adaptables á la construccion de puentes, muy poco mas puede decirse que tenga relacion con este objeto, y solo se demostrarán los varios métodos que en diferentes épocas se han seguido en su construccion, manifestándose á la vez las ventajas é inconvenientes que respectivamente han presentado, como asimismo se referirán las circunstancias locales en cada una de por sí.

584. La construccion de puentes puede subdividirse en la de varias distintas formas, y por lo tanto se tratará de ellos principiando por el de la fábrica mas sencilla hasta concluir con la mas complicada y de mas dificil ejecucion.

Los puentes de mas fácil ejecucion, en que menos inteligencia se requiere, y en que no hay otra aplicacion mecánica á que recurrir que á la mera resistencia, se forman colocando dos ó mayor número de troncos de árboles ó piezas de madera cuadrada al través de un arroyo, ó que alcancen de una á otra márgen, casi paralelos entre sí y formando ángulos rectos con dicho arroyo; se atraviesan sobre estos otros maderos mas pequeños en direccion de la corriente, bien unidos unos á otros, de modo que puedan cubrir-

se con tierra y formar un piso ó suelo, ó bien colocándolos separados, y entablando para que sirvan así de camino, ó cubriéndolos si se quiere de tierra ó cascajo, en cuyo caso es de necesidad clavar tablas á los lados, con el objeto de mantener la uniformidad del piso é impedir que el material caiga al agua. Estos puentes pueden llevar sus parapetos á los lados para la seguridad de los pasageros, y se podrán aplicar á todos los usos, con tal que sean cortas las distancias y los cuartones ó vigas maestras tengan la competente resistencia. Se consigue darles mayor fuerza, mientras mas inmediato se colocan, ó bien duplicándolos, ó si se quiere poniéndolos en contacto, ó empleando dos hiladas de dichos maderos una sobre otra.

Mas esta construccion está sujeta á ciertas dimensiones, porque muy rara vez se encuentran maderas de un tamaño y grueso uniforme que excedan de 50 á 60 piés, y que si se emplearan de este largo no dejarian de cimbrarse formando comba en el centro, y sería tanta su elasticidad que al colocarse un peso sobre ellos vibrarian hácia arriba y en sentido contrario, é impedirian por esto toda posibilidad de formar un piso estable y permanente, bien fuese de tierra ó de piedra. El medio mas sencillo y adaptable para impedir este daño es el de clavar en el fondo del rio ó arroyo una série de estacas perpendiculares y en direccion de la corriente, cuidando que todas queden por debajo de los cuartones ó vigas que sostienen el piso; ó tambien se pueden emplear menos estacas, y en los extremos superiores de estas clavar umbrales de madera sobre los cuales descansen los centros de dichos maderos, y de este modo se dá firmeza y estabilidad al puente; y si un solo órden de estacas no es suficiente para resistir la presion, se clavan otras paralelas unas á otras y á la distancia que se considere necesaria para darles la correspondiente firmeza y solidez. Parecerá que la construccion de puentes ya referida solo servirá para rios ó arroyos muy angostos, pues que están ceñidos al largo de las maderas que buenamente pueden emplearse de una sola pieza; pero no es así, porque el mismo órden de estacas de que se acaba de hablar, que sirve de apoyo á los centros de las vigas maestras, puede tambien emplearse para sostener los extremos; ó bien dichas vigas pueden ir á juntas encontradas en vez de terminar en la misma série de estacas, de modo que el mismo órden de estas ó umbral que sostiene los extremos de las tres piezas de madera, puede tambien sostener los centros de otro juego de tres vigas maestras y la

parte intermedia de un tercer juego, y así sucesivamente hasta atravesar cualquier rio por ancho que sea.

585. Una construccion tal como la que acaba de describirse, y en la que á la verdad no se descubre señal alguna de inteligencia, ciencia ó hermosura, es precisamente la generalmente adoptada en Lóndres para la formacion de puentes de madera. El puente de Battersea, del que ya se ha hecho mencion, pertenece á esta clase no obstante tener 300 yardas ó 328 varas de largo y estar construido sobre uno de los mas hermosos rios del pais. Lo único que suele hacerse cuando se construye un puente de madera de gran tamaño, es que en lugar de emplear un órden sencillo de estacas perpendiculares para sostener las vigas maestras ó cuartones, se forma cierta especie de pilares clavando varios órdenes de estacas paralelas y muy juntas, afianzadas con tablones de roble de 4 pulgadas de grueso que se clavan al través de aquellas en posiciones diagonales, de modo que sirven de riostras ó tornapuntas, las cuales dan fuerza y tesura á dichas estacas é impiden se salgan fuera de su lugar ó pierdan sus posiciones perpendiculares, dándoles al mismo tiempo la competente resistencia para contrarestar el impulso de la corriente que choca con ellas, así como las concusiones de las masas de hielo flotante y las de las barcas cargadas que á veces tropiezan con ellas. Estas riostras ó enlaces, así como todas las partes que componen los puentes de madera, deben afianzarse por medio de pernos con rosca, tuerca y cuñas, ó valiéndose de otros medios con tal que sea fácil separar ó desarmar dichas partes, pues con el trascurso del tiempo se deterioran, y habrá que reparar algunas sin que sufran alteracion ó detrimento las otras, cuya operacion no podria llevarse á efecto si toda la obra se clavara de firme.

586. Habrá casos en que no puedan clavarse pilotes en un rio para sostener un puente sin que se obstruya la navegacion, particularmente si el rio es estrecho; y cuando esto sucede no queda otro recurso que el de valerse de las reglas de carpintería que indican el modo de salvar este inconveniente, valiéndose del sostenimiento artificial, lo que puede verificarse de varios modos. Se dará un ejemplo: sea, pues, *ab* (figura 119) la seccion de un rio sobre el que se ha de construir un puente. En primer lugar se echan los cimientos, bien sea de ladrillo ó piedra, ó bien formándolos de madera en las orillas opuestas del rio, como en *cc*, para que sostengan el puente, á los que llaman *estribos* en la cons-

truccion de puentes, y que nunca deben formarse de madera por lo expuestos que están á podrirse cuando se ponen en contacto con la tierra, particularmente hallándose cerca del agua; *def* representan una vista lateral de una de las vigas del puente que se supone tan larga, que no puede resistir el peso que gravita sobre ella sin cimbrarse ó vibrar, pero que si se aplican dos tornapuntas angulares *ec*, *ec* desde el centro *e* de las vigas y se hace que los extremos inferiores descansen en los resaltos ó retretas de los estribos que se dejan de intento para servirles de apoyo, como en *cc*, se logra sostener eficazmente las vigas principales del puente. Cuando las distancias que se han de atravesar son de mucha extension, los ángulos *dec* y *fec* resultan muy agudos, lo que disminuye ó hace desaparecer la eficacia de las tornapuntas, á menos que los estribos no se formen muy bajos, ó bien que se dé tanta altura á la plataforma del puente que se haga de dificil acceso; pero uno de los requisitos á que principalmente debe atenderse en la formacion de un puente es que no haya en él subidas ni bajadas demasiado pendientes, porque estas deben guardar uniformidad con el camino de que forma parte dicho puente. Las tornapuntas pueden acortarse considerablemente si se adopta la forma que se manifiesta en la figura 120, en la que se ve que el puente se divide en tres partes en lugar de dos, introduciéndose una sopanda entre las tornapuntas contra la que estas apoyan sus extremos superiores; llévase este principio mas adelante en la figura 121, en la que se emplean dos pares de tornapuntas con sopandas separadamente. En los puentes que representan ambas figuras pueden ensamblarse las vigas maestras por dos y aun por tres partes, porque han de ir entornilladas á las sopandas, lo que ha de contribuir en gran manera á dar fuerza y sujecion á las juntas que se forman en dichas vigas.

587. El método comunmente usado en la construccion de techos sirve igualmente en la de puentes, pues las dos vigas de aguante laterales ó exteriores pueden llevar pendolones y tornapuntas, como en la figura 122, y si se colocan vigas por encima al través de las llaves, se sostendrá por este medio el piso ó plataforma del puente, mientras que el marco sirve á los lados de cercado ó parapeto, lo que pareceria con mas propiedad si se clavasen listones del modo que se representa en la mitad de la figura. Cuando los rios no son navegables ni están sujetos á avenidas, puede ocurrirse á los principios que se siguen para una armadura de techo considerándola invertida, habiendo girado las tornapuntas en las llaves y colocando el pendolon por debajo de estas en lugar de fijarlo en la parte superior, como se ve en la figura, en la que *h* representa el pendolon invertido (nota 107), é *ii*, en lugar de ser tornapuntas, son cadenas ó barras de hierro que se atesan por medio de tuercas anejas á las roscas formadas en sus extremos. Es claro que valiéndose de este arbitrio se logra sostener el pendolon, y este servir de apoyo al centro de la llave; mas no es tan bueno ni tan seguro como el pendolon embragado ya descrito, y por lo tanto nunca se hace uso de aquel. Pero siempre deberán servir de guia los principios adoptados en las armaduras de los techos cuando se construyen los cercados ó parapetos laterales de todo puente de madera, cuyos principios se aplican comunmente á toda clase de obra, como se manifiesta en la figura 123, en la que se ve una sopanda entre dos postes reinas para evitar la mala vista ó mal efecto que causa la altura de un pendolon. Puede construirse un puente de alguna extension con una série de estas armaduras unidas por los extremos, y aun sin conexion alguna, con tal que cada junta vaya sostenida por un pilar de madera, de ladrillo ó piedra, y los espacios que quedan entre las sopandas pueden ocuparse con piezas que aparezcan como continuacion de estas, y en tal conformidad quede corrida la parte superior ó pasamanos del cercado lateral ó parapeto tal como se representa en la figura. Casi es excusada la advertencia de que este órden de construir puentes, en que la sujecion proviene de la parte superior, guarda armonía con el que se adopta en los representados por las figuras 119, 120 y 121 que la reciben por la parte inferior; en los casos en que los puentes tienen la elevacion necesaria para que las tornapuntas queden de la parte inferior fuera del alcance de las masas de hielo flotante, entonces la construccion mas consistente es en la forma demostrada en P (figura 123).

588. Recúrrese á menudo á otro medio por el cual se logra dar mayor resistencia á los puentes de madera en que se adopta el método de las armaduras. Se divide el camino longitudinalmente en dos caminos para carruajes y otro para la gente de á pié en medio de ellos; ó bien en cuatro partes, dos para carruajes en el centro y dos para la gente de á pié á cada lado exterior. La separacion de estas divisiones se obtiene estableciendo cerchas exactamente iguales á las de los lados exteriores, de suerte que con la última division pueden colocarse cinco órdenes de cerchas sobre la plataforma ó piso del puente sin que en modo alguno se obstruya el

tránsito, en lugar de las dos exteriores primeramente descritas, consiguiéndose por este medio aumentar considerablemente su fuerza y tesura.

589. Se acostumbra en los Estados Unidos, y en algunas partes de Alemania y Francia, guarecer los puentes de madera con techos y paredes laterales, con lo que se logra conservar las maderas, puesto que así quedan al abrigo de la intemperie. Ademas esta cubierta presta otra ventaja importante, y es la de poderse emplear cerchas que se eleven desde el piso á una altura considerable sin que esto produzca mal efecto á la vista. Se hacen de necesidad para sostener el techo, y al mismo tiempo sirven para *colgar* el piso, que es un medio, á mas de los ya descritos, para sostenerlo. Así, pues, á un puente tal como el que se representa por la figura 124, puede agregársele á cada lado un órden de cerchas con pendolon del alto necesario para sostener el techo, mientras que desde el pié de cada pendolon y por debajo de las vigas maestras, hay vigas trasversales, de modo que las primeras ó cualquiera otra disposicion se hacen casi innecesarias, si no lo son del todo. Verdaderamente los principios bajo los que se forman las armaduras comunes están sujetos á tantas modificaciones y aplicaciones, que en vano se intentaria describirlas todas.

590. Cuando la navegacion de un rio ú otras causas impiden formar pilares en medio de la corriente, y acontece ademas que sea tan ancho que las cerchas comunes ofrezcan poca seguridad, debe en este caso ocurrirse á otro sistema de construir, y un polígono ó arco llena completamente el objeto. Mas con este medio se aumenta el costo de construccion considerablemente, porque se requieren cimbras ú otra especie de sosten ó apoyo para sostener los materiales hasta la conclusion del arco, á lo que no hubo que ocurrir en ninguna de las construcciones ya mencionadas.

591. Fórmanse estos puentes de tres modos distintos, á saber: con una série de cajones, cada uno con inclinacion ó declivio por los dos lados que han de quedar en contacto con los de los otros cajones, de modo que vengan á tener la figura de una cuña ó semejante á la de las piedras ó dovelas con que se forman los arcos de cantería; de una série de vigas de tension con una pieza radial ó mangueta entre cada una de ellas y llaves en la parte inferior, ó una combinacion de maderos encorvados, empalmados ó ensamblados y bien unidos, de modo que formen arcos verdaderos (nota 108).

Represéntase el principio de la primera de estas construcciones por la figura 125, en la que se ve que estos cajones no están formados con los lados cerrados, sino solo con los ángulos de aquellos y con riostras trasversales para darles tesura y resistencia. Por este medio se ahorra mucha madera y se hace mas ligera la construccion. Esta es tan costosa, de un trabajo tan delicado, y son tantas las escopleaduras que es necesario hacer en los extremos de las piezas, con gran detrimento de la fuerza y resistencia que han de tener en estas partes, que apenas se hace uso de ellas en los puentes de madera, pero constituye el principio principalmente adoptado en muchos de los que se construyen de hierro colado, porque con este material los ángulos pueden fundirse sólidos, y se obtiene por lo tanto gran fuerza y resistencia. Se hablará mas extensamente sobre esta clase de construccion cuando se trate de los puentes de hierro colado.

592. El segundo método de construir se manifiesta en la figura 126, en la que *ab*, *bc*, *cd* &c., son vigas de tension, ya sean sencillas, ya dobles, que lindan con las pieza radiales *be*, *cf*, *dg* &c. que en estos casos se llaman piezas ó vigas de brida, cuyos extremos inferiores pueden extenderse hasta abajo ó hasta cerca de la línea que uniria los extremos ó nacimientos *a* y *h*; los extremos inferiores de las piezas de brida se sujetan con los enlaces de madera ó de hierro *ae*, *ef*, *fg* &c. Esta construccion es muy sencilla y de mucha resistencia mientras se puedan conservar todas las piezas en sus posiciones planas unas respecto á las otras; mas la dificultad está en conservar esta forma, puesto que de ningun otro modo puede esto efectuarse sino por medio de las juntas escopleadas, que por la naturaleza de la construccion deben ser poco profundas; así, pues, para obtener un buen resultado, dos de estas cerchas han de entornillarse y asegurarse una á otra con abrazaderas, lo que se dispone de tal modo que las piezas de brida de la una cercha vengan á quedar en medio de los claros de las de las otras, en cuyo caso las sopandas quedan á juntas encontradas, resultando las juntas de una série de piezas en los centros de las piezas de la otra série. Por este medio, y sirviéndose de formeros paralelos colocados á distancias proporcionales y enlazados con diagonales horizontales dispuestas como en la figura 127, se logra formar un arco de mucha fuerza y tesura. El hermoso puente de madera sobre el Schuylkill en Fairmont, cerca de Filadelfia, y que desgraciadamente se quemó el 1º de Setiembre de 1838, ofrecia un

bello y juicioso ejemplo de esta especie de enlace diagonal. Era un modelo de carpintería, y rivalizaba con los mejores del mundo por su ligereza, hermosura, y lo atrevido de su ejecucion. Constaba de un solo arco de 372 piés 4 pulgadas de cuerda, sin otro apoyo que el que ofrecian los dos estribos de las orillas opuestas.

La reciente destruccion de este puente inspira deseos de conservar alguna memoria de su construccion; por consiguiente se da una muestra de ella en la lámina VII (figura 128). Luis Wernwag hizo el plano: una de sus particularidades consistia en que todas las piezas de madera de mayor tamaño se habian aserrado longitudinalmente por la mitad, con el objeto de inspeccionar el centro ó corazon, que no estuviese podrido, rajado ó con algun otro daño. De este modo se excluyeron las escopleaduras de los maderos principales, puesto que las espigas se colocaban entre estos, en vez de introducirlas en ellos; pero entraban suficientemente en ambos lados para que se conservasen en sus posiciones. Con este expediente se precavia en gran manera la *putrefaccion seca*, ó *en seco*; pues los maderos estaban de tal suerte dispuestos, que quedaba entre ellos la distancia necesaria para la circulacion del aire libre, menos en las partes en donde precisamente habia junta, que se aseguraban con barras de hierro con rosca. En la construccion de este puente se emplearon multitud de estas barras, pues el arco principal constaba de tres filas dobles de llaves maestras dispuestas de tres en fondo ó una sobre otra. Inmediato á estas, se colocaron sus correspondientes mitades una en frente de la otra, y entre ellas se introdujeron las espigas de los que pueden llamarse pendolones; el todo ensamblado y afianzado con abrazaderas ó aros de hierro forjado. Aparecian en el arco, así dispuesto, 29 pendolones en direccion casi radiante, los cuales llevaban riostras por ambos lados que se extendian á todo el largo de los clavos ó huecos adyacentes, é iban á apoyarse inmediatamente debajo de los hombros, cerca de la parte superior de dichos pendolones, formando de este modo el tejido ó cruzado que se ve en la figura, y los puntos de interseccion de las riostras se afianzaron con barrotes. Entre la parte superior de cada pendolon se colocaron sopandas, con lo que se impedia que se uniesen unos á otros por aquella parte, y por consiguiente que los arcos de abajo perdiesen su figura. Dos grandes masas de cantería sólida de la forma que se ve en la figura, en que se apoyaban los extremos del arco, contribuian ademas á sostener la curvatura de este, y para dar mayor solidez y consistencia á estos estribos, se construyeron considerablemente mas altos ó llevaron mas arriba del nacimiento ó arranque del arco, de modo que en vez de quedar el camino inmediatamente sobre los arcos, se mantenia en vago ó suspendido por encima de estos á la distancia de seis divisiones ó claros, antes de intersectar la curvatura general como se ve por la línea de puntos *aa*. Sosteníase este piso ó camino por medio de traveseros ó piezas trasversales, que descansaban en los hombros hechos al efecto en los lados de los pendolones, á los que se afianzaban con pernos. Se colocó una llave por encima de cada fila de pendolones, con el objeto de que conservasen sus posiciones y se mantuviesen en sus direcciones próximamente paralelas, como asimismo para sostener el techo con que estaba cubierto. Se forraron igualmente los lados ó costados de modo que solo por dentro podia verse la armadura, quedando toda cubierta exteriormente.

En la construccion que se acaba de descubrir, se verá que cada espacio entre uno y otro pendolon tiene la figura de una dovela completa, ó una forma semejante á un arco de piedra, como asimismo se notará desde luego mucha semejanza entre este y el arco que se manifiesta en la figura 125; mas en aquella construccion cada dovela ó cuña va separada de la otra, mientras que en este puente están todas unidas por los arcos de madera, y solo un pendolon sirve para dos de estas. Desconfiando aun el artista de la fuerza y resistencia de las maderas, afianzó toda la obra á los estribos por medio de una série de enlaces de hierro. Dió principio á su ejecucion con la barra *b*, que enterró en la obra de cantería hasta una profundidad considerable, en donde se aseguró fuertemente; desde allí se llevó á la parte superior del primer pendolon, y desde este punto se trajo al fondo ó pié del segundo: *c* es otro enlace fijado en el estribo como el anterior, que se adelanta hasta la parte superior del segundo pendolon, de donde desciende al pié del tercero. Se observará que estos enlaces pasan de la parte superior de un pendolon á la inferior del inmediato en todo el largo del puente, y que al encontrarse en el centro toman de allí direcciones opuestas, lo cual dá gran fuerza y resistencia á toda la estructura.

593. Las obras de maderos cruzados que se forman uniéndolos y ensamblándolos á media madera, afianzándolos entre dos vigas y aun una intermedia, como se ve en la figura 127, es asi-

mismo una de las combinaciones mejores contra la presion vertical, y á la vez es uno de los parapetos mas seguros y firmes para puentes; por consiguiente se recurre comunmente á ellos, no solo para que sirvan á este objeto, sino para que á la vez produzcan mayor resistencia. La construccion de este puente en algo se asemeja á la del Schuylkill; mas el principio es distinto, y despues de todo lo hablado sobre la materia, el estudiante podrá distinguir entre las partes que lo componen, cuál es el enlace y cuál la tornapunta y conocer en dónde estriba la fuerza de uno ú otro.

594. Cuando se trata de atar ó asegurar las vigas ó embragados por medio de aros ó anillos, debe tenerse presente que dichas abrazaderas no se formen de una sola pieza como los arcos de un tonel, sino que se compongan de dos y hasta de cuatro piezas, que se junten ó armen por medio de roscas y tuercas como se ve en P y Q (figura 129), por lo que no solo son fáciles de colocar, sino que tambien pueden apretarse cuando el caso lo requiere, acomodándolas y ajustándolas á los maderos cuando estos se encogen.

595. El tercer método de construir es aquel en que se encorvan y ensamblan las maderas, disponiéndolas de modo que formen un verdadero arco. Este sistema es el principalmente adoptado en los Estados Unidos, en donde se hallan muchos puentes de esta clase, que en magnitud, idea y atrevida ejecucion exceden á todos los del mundo, si se exceptúan los de Alemania. Al contemplarlos no puede uno menos de sentir vivamente que tan espléndidas obras del arte estén construidas de un material tan perecedero como es la madera.

La figura 130 representa una pequeña parte del arco de madera que adoptó Mr. Bludget en la construccion del puente sobre el rio Portsmouth, de un solo arco de 273½ piés de cuerda. Las piezas de que se compone no están en contacto unas con otras, sino separadas á una distancia igual al duplo de su grueso, formando de este modo tres arcos concéntricos D, E, y F, de los cuales el del centro E y los correspondientes arcos en los otros dos órdenes, sostienen el piso ó camino del puente. Estas curvas ó formeros están hechos de maderas crecidas con esta misma forma curva, para que el hilo de la madera quede aproximadamente en la direccion del arco. Dichas piezas están unidas por otras de madera dura *b*, *c*, entre las que va clavada la cuña *a*, para cuyo efecto se hicieron con anticipacion escopleaduras para recibirlas. Las piezas curvas están colocadas y aseguradas, en sus competentes distancias paralelas, por cortes y escopleaduras hechas al efecto en los lados exteriores de las piezas *b* y *c*, como se demuestra por las líneas de puntos *i*, dando á las escopleaduras la figura correspondiente: al apretarse la cuña *a*, todas las juntas se ponen en contacto inmediato. Cada arco se compone de dos piezas de madera, cada una de 16,4 piés de largo, y colocadas unas al lado de la otra, y de tal modo dispuestas que quedan á juntas encontradas, esto es, el extremo de cada pieza viene á caer en el centro de la contigua. Sus extremos no van ensamblados sino encontrados ó al tope y formando una junta muy unida, y ambas se enlazan por medio de claves ó cuñas trasversales á cola de milano y juntas como anteriormente. La posicion de estas cuñas trasversales, se manifiesta en *l*, y la figura 131 representa en escala mayor la vista horizontal de una de estas juntas.

Este es un medio ingenioso de unir la obra, y tiene la ventaja de que todas sus partes quedan expuestas al aire libre, y en los casos necesarios, como cuando se pudre una pieza, puede extraerse esta y reponerse sin tocar á las demas; circunstancia de mucha importancia y que debe atenderse muy particularmente en las construcciones de gran tamaño y peso, y que están expuestas á la intemperie. El gran número de escopleaduras que necesariamente ha de formarse en las costillas principales, no puede menos de debilitarlas, poniendo la obra en gran peligro si estuviesen expuestas á otra fuerza ó impulso que el de la compresion. Pero las cuñas y claves apretadas fuertemente, suplen el defecto de la madera que se les quita ó cercena; por consiguiente no es tanto el daño que podria esperarse á causa de las escopleaduras. Se dice que este puente es muy flexible, y sin duda este inconveniente desapareceria tan luego como se introdujesen enlaces ó riostras horizontales y oblícuas que uniesen los tres formeros ó cerchas.

596. El método mas comunmente usado, es poner en contacto los arcos de madera. Uno de los puentes mas sencillos de esta especie es el de Wittengen en la Suiza, del que hace una ligera descripcion el viajero Mr. Cox (*) (nota 109). Muéstranse los principios adoptados en su construccion en la figura 132. Tiene 251½ piés de extension, y aunque solo se eleva en el centro á la altura de 27 piés, se ha visto que tiene la suficiente consistencia para resistir todo el tráfico que ocurre en él. Consta de dos grandes arcos

(*) En sus *Viajes*, vol. I, pág. 132.

paralelos de madera, de forma parecida á la catenaria, cuyos extremos descansan sobre estribos de roca viva. ABC representa uno de estos dos arcos, construido de siete séries de palos ó leños sólidos de roble, de 13 á 15 piés de largo, y como 17 pulgadas grueso. Estos se escogieron precisamente con la misma direccion que habia de llevar el arco, de modo que no hubo necesidad de cortarlos en lo mas mínimo al través del hilo para darles la figura requerida. Estas maderas que van colocadas unas sobre otras, están de tal modo dispuestas, que las juntas que forman sus extremos encontrados alternan ó quedan como las de un muro de ladrillo á juntas encontradas, colocando sencillamente las piezas unas sobre otras, y habiéndose tenido el cuidado de que dichas juntas quedasen perfectamente unidas. No van sujetas con pernos ó ensambladuras de ninguna especie, sino que se mantienen en sus posiciones por medio de abrazaderas que los rodean á la distancia de 5 piés unos de otros, en donde se afianzan y aseguran con barras de hierro y clavos. El camino es plano ó sin elevacion alguna en el centro, y está sostenido hácia el medio de la altura del arco del modo que se ve en la línea *abc* por vigas trasversales que descansan sobre una solera maestra horizontal, pendiente de piezas perpendiculares sujetas con pernos por la parte interior de las vigas que forman los arcos, mientras que sus partes superiores se elevan á la altura necesaria para servir de apoyo á la solera *dd*, que sostiene el techo del puente. Dicho techo sobresale lateralmente por encima de los arcos, poniéndolos de este modo al abrigo de la intemperie: los tres espacios entre los piés derechos á cada extremo, llevan riostras ó enlaces diagonales que contribuyen á dar mayor resistencia á dicho techo contra los efectos del viento. Este puente fue el último que construyó Ulrico Grubenmann, de Tuffin, canton de Appenzel, carpintero sin educacion científica, que se hizo célebre por la construccion de varias y grandes obras de esta clase, particularmente por la del tan celebrado y admirable puente construido sobre el Rhin en Schaffhausen, principiado en 1757, y concluido á los tres años.

597. Tenia este dos ojos, uno de 211 piés y otro de 188, que al parecer se apoyaban sobre una roca que se descubre en medio del rio. Cuando se ocurrió á Grubenmann para encargarle su ejecucion, propuso hacerlo de un solo arco de 400 piés de cuerda, mas los magistrados juzgaron que un arco de madera de aquella magnitud ofrecia poca seguridad, y lo obligaron á que se sirviese

de la roca del centro como de apoyo, á lo que accedió con bastante repugnancia. Concluido el puente se abrió al público, y despues de haber pasado por él carros y carretas con diferentes pesos y declarádose haber quedado á toda satisfaccion, se dice que Grubenmann tomó una tabla, y en presencia de los que lo habian ocupado la pasó por entre el estribo y la parte superior de la roca, queriendo de este modo demostrarles que aunque al parecer descansaba sobre esta no era así, y que habia logrado su intento construyendo el puente de un solo ojo (nota 110). Como quiera que esto sea, el puente hizo descenso por la compresion de las maderas y quedó apoyado en la roca, lo que contribuyó de un modo material á sostenerlo. Este puente fue muy admirado y considerado como una obra maestra del arte, pero á causa de haberse colocado muy bajas las vigas de roble que estaban en contacto con la obra de piedra de los cimientos y no estar ventiladas, se pudrieron y la obra principió á ceder. Muerto Grubenmann, esta se reformó y recorrió el año de 1713, comisionándose al efecto á George Spengler, carpintero ingenioso natural de Schaffhausen, quien por medios mecánicos suspendió todo el puente y repuso la madera podrida. Esta fue la única composicion que se le hizo durante los cuarenta y dos años que existió, y aun en el dia estaria en buen estado si el ejército francés no lo hubiera incendiado en 1799. No se componia de arcos, sino se construyó por el estilo del que representa la figura 121, á saber, con cierto número de tornapuntas diagonales con sopandas entre ellas; mas el camino no quedaba inmediatamente sobre la armadura, sino suspendido entre cerchas paralelas y separadas, sujetas por parales llamados estribos, dispuestas del modo que lo están en *ii* (figura 121), unidos por los extremos inferiores á las vigas rectas *m* que tienen el aspecto de llaves, mas no reciben impulso de compresion ni de extension, pues sus extremos pueden quedar en el aire y separados del muro de los estribos, y solo sirven para sostener las vigas trasversales sobre las que van colocadas las tablas que forman el piso.

598. Cuando los pisos ó caminos de puentes se construyen de madera, estos se han de formar con forro doble de tablas atravesadas, de tal modo unidas que las de arriba puedan retirarse sin dañar ó alterar en nada á las de abajo, porque las primeras se menoscaban muy pronto con el tráfico de caballos y carruajes, y por consiguiente hay que reponerlas á menudo, y para este efecto deben colocarse de modo que pueda verificarse esta operacion sin alterar,

como se ha dicho, la posicion de las de abajo ni la de ninguna otra pieza principal de la construccion.

Cuando los caminos se forman inmediatamente sobre los arcos y se requiere que vayan casi á nivel, será mejor construirlos sobre vigas que descansen sobre postes perpendiculares, afianzadas con pernos á lo largo de los arcos y á iguales distancias, ó bien se ensamblan en durmientes puestos trasversalmente por encima de todos los arcos sobre los que descansen con igualdad.

599. Uno de los grandes inconvenientes que ocurren en la construccion de arcos de madera de grandes dimensiones es la ligereza y elasticidad de este material; así sucede que si se colocase una carga muy pesada inmediata á los arranques de un arco de madera, se deprimiria este en aquella parte, y con este movimiento se suspenderia el extremo opuesto, y por consiguiente perderia la figura; y aunque dicho movimiento al verificarse fuese tan leve que no se notase sino examinándolo detenidamente, no obstante, no dejaria de dislocar y comprimir las juntas aflojándolas, lo que con el tiempo sería perjudicial á la estabilidad y duracion de la fábrica; por lo tanto debe hacerse todo lo posible para precaver este daño. Para ello se han adoptado dos métodos, á saber: primero, dar mayor fuerza á los arcos de la que realmente requieren para resistir los pesos ó cargas del mayor volúmen que se crea pueda sostener, lo que se verifica disponiendo un gran número de arcos de madera del modo ya descrito; y segundo, construyendo un arco de menos resistencia y dándole tesura por dentro por medio de alguna obra de madera con el fin de impedir que cambie su forma. A esta clase pertenece el puente construido sobre el Delaware en Trenton (Nueva Jersey), que se principió en Mayo del año de 1804, y consta de cinco arcos que se extienden al través del rio, que en esta parte tiene 1200 piés de ancho. Mr. Burr hizo el plano y dirigió la obra, la cual era distinta de todas las que hasta entónces la precedieron, y fue muy admirada en Europa, considerándola como una obra maestra del arte. La estructura superior se compone de cinco arcos de madera en órden sucesivo, ó de segmentos de círculo que se elevan desde la línea de sus cuerdas en proporcion de 14 á 110 piés. Uno de estos ocupa el centro del puente, y á uno y otro lado están los demas á las distancias de 12 y 5 piés, formando de este modo cuatro caminos, dos para carruajes y los dos restantes para la gente de á pié. Los arcos son de tablones de pino blanco de 38 á 55 piés de largo, 4½ pulgadas de grueso y 13 de ancho, menos el de enmedio,

que tiene 14 pulgadas. Estos tablones van encorvados y colocados unos sobre otros, muy unidos y á juntas encontradas, hasta formar un grueso de 3 piés, los que se mantienen sujetos por medio de abrazaderas de hierro. Mr. Burr fue el primero que introdujo este método, y se cree generalmente que tiene ventajas sobre el de formar arcos enterizos de madera. Para precaver los malos efectos que produce la elasticidad de las costillas ó arcos, se colocan hileras de llaves horizontales de uno á otro pilar, unidas á las referidas costillas por medio de maderos diagonales que continúan sobre el estradós de los arcos, los que se cubren con piezas de madera trasversales ó entrelazadas á manera de riostras diagonales, enlazadas á las soleras del techo, por cuyo medio adquieren las costillas una tesura tal, por dentro y por fuera, que casi es imposible pueda alterarse en nada su figura.

Las plataformas ó caminos van suspendidas de estos arcos por medio de barras perpendiculares de hierro, enganchadas en pernos con ojos, que atravesando los arcos y firmemente afianzadas, van colocadas á la distancia de 8½ piés en las tres secciones del medio, y á la de 17 en las dos exteriores. Los extremos inferiores de estas barras llevan estribos, en los que descansan las vigas que sostienen las alfardas y tablazon del piso. Empléanse igualmente riostras diagonales para unir las plataformas con las llaves, y así impedir la cimbra, á que de otro modo quedarian expuestas. Sostiénese este puente sobre pilares de piedra, y sus estribos se elevan á una altura superior á la de las mayores crecientes, de modo, que la estructura queda fuera del alcance del hielo, y dá paso ámplio á las lanchas de mayor tamaño: tambien está techado y forrado por ambos lados, de tal manera que queda enteramente guarecido y á cubierto de los malos efectos é influencia de la atmósfera. Se dá una idea general de este puente en la figura 133.

600. A mas de los puentes de que se ha hablado podrian describirse otros muchos, pero basta con los que han servido de ejemplo para dar una idea general y clara de los demas modos adoptados en su construccion. Tampoco permiten los estrechos límites de esta obra, que se hagan descripciones referentes al órden que ha de observarse para ensamblar ó unir las maderas, modo de aplicar y asegurar las barras y toda la obra de hierro, y otros particulares que por sí solos llenarian un volúmen. Estas materias pueden confiadamente someterse al juicio del ingeniero, cuan-

do este llega á conocer bien á fondo el modo de obrar de la presion y los medios de contrarestarla. Mas para robustecer su confianza en sus planes, y en lo que le dictare su juicio, debe con toda prolijidad inspeccionar, medir y sacar planos de los puentes mejor construidos, de los que hallará numerosos ejemplos en muchas partes de los Estados Unidos.

601. El peso mayor á que están expuestos los puentes, es el que resulta cuando en ellos se reune un gran número de personas, y este peso asciende á 100 libras, aproximadamente, por cada pié cuadrado, sin incluir el peso de los materiales con que están construidos; de modo que el peso efectivo no debe calcularse en menos de 250 libras por cada pié cuadrado de camino (nota 111), y á estos datos debe proporcionarse la resistencia de todo puente que se destina á un gran tráfico. La costumbre de construir puentes de madera para este objeto, se ha abolido en Inglaterra, y sin duda alguna irá decayendo en los Estados Unidos, aunque en ciertos casos es preciso adoptarlos, y con frecuencia tiene el Ingeniero que ocurrir á ellos, como cuando hay que formar los llamados *puentes de ocupacion* y los *movibles*, en la construccion de canales.

Cuando hay que construir estos, sucede con frecuencia que atraviesan por las tierras de un hacendado, cortando de este modo la comunicacion entre las dos partes de la heredad. En este caso el dueño del terreno tiene derecho á exigir de la compañía ó empresarios del canal la construccion de un puente que le facilite libre acceso á sus tierras, ó permita su *ocupacion.* Como que estos puentes no están en caminos públicos, no requieren un grado extraordinario de fuerza ó hermosura; se hacen por lo regular de madera, cuya ejecucion y entretenimiento queda desde luego á cargo de la empresa, á menos que no exista un contrato que la exima de esta obligacion. Cuando los canales no son muy profundos, y el agua se halla casi al nivel del terreno adyacente, se dá á los puentes de ocupacion una altura considerable, para que puedan pasar con facilidad las barcas muy cargadas, y su construccion es semejante á la representada por las figuras 119 y 120, que bastan para llenar el objeto; mas para que sean de fácil acceso, es preciso formar planos inclinados ó rampas en los estribos, para proporcionar caminos cómodos y fáciles al tránsito. Estas alturas ó prominencias son muy costosas, su uso peligroso, y por lo regular molestas y de mal aspecto; por cuyo motivo se adoptan en su lugar los puentes movibles. Estos no sobresalen al nivel del terreno ó camino, y se apartan ó retiran cuando han de pasar botes muy cargados ó algun buque de vela.

602. Los puentes movibles son de dos especies, á saber: *puentes levadizos*, y de *rotacion* ó *giratorios*. El puente levadizo solo consta de una plataforma ó tablero del ancho necesario para dar paso á los caballos, carruajes y pasageros, y del largo suficiente para que alcance del uno al otro lado del canal; ó mejor dicho, desde un estribo saliente construido en un lado del canal á otro situado al opuesto; pues cuando se construyen estos puentes se acostumbra formar el canal lo mas estrecho posible, ó del ancho justamente necesario á dar paso á las embarcaciones, con el objeto de hacer las plataformas lo mas cortas y ligeras que se pueda, puesto que debiendo tener estas el grueso y consistencia necesarias para resistir el tráfico de caballos, carros y otros pesos, han de ser necesariamente pesadas. Estas plataformas están sujetas por uno de sus extremos á uno de los estribos por medio de goznes, de modo que puede variarse su posicion horizontal y ponerse verticalmente cada vez que hayan de cruzar embarcaciones, lo que se ejecuta de dos modos, á saber: primero, se ata una cadena en cada ángulo de la plataforma ó tablero por el lado expedito ó sin goznes; se llevan estas cadenas y pasan por los aparejos colocados al lado opuesto y á una altura que exceda el largo del tablero; se llevan los cabos de dichas cadenas y se aplican á un molinete con su rueda dentada y piñon colocado en el lado envisagrado de aquella, y con el que se suspende y baja el tablero dándole vueltas por medio de una cigüeña. El segundo método consiste en fijar una palanca compuesta ó ensamblada, bien sea de madera ó bien de hierro colado, sobre la plataforma *b* representada en las figuras 134 y 135; esta palanca lleva dos fuertes ejes de hierro *aa* que giran en la parte superior de dos postes firmemente hincados en tierra; en ambos lados del puente hay dos cadenas *cc* atadas por uno de sus extremos á los ángulos superiores de la parte ensamblada de la palanca, y por la inferior á los lados del tablero algo mas retirado del centro de su largo; *dd* son dos pesos de hierro colado colocados en los extremos de ambas palancas para que casi contrapesen el tablero y pueda este moverse mas fácilmente. Sin embargo, el peso del tablero debe preponderar para que este se mantenga sin moverse de su lugar cuando está echado; pero los contrapesos contribuyen de un modo material á la mayor faci-

lidad y prontitud en el manejo del puente, y son tan importantes y necesarios para suspenderlos como para bajarlos, pues si la plataforma se dejase caer sin el auxilio de aquellos, descenderia con tanta violencia que pronto se menoscabaria, sufriendo igual daño el umbral ó quicio que la recibe, lo que daria márgen á constantes composiciones. Cuando los puentes levadizos son muy largos y tienen que resistir grandes pesos, las vigas ó costillas de que se forman deben llevar una ligera vuelta ó comba en el centro, como en *b* (figura 135), y no solo habrá los quicios ó umbrales de aguante ó apoyo *ee* que sostengan el peso del puente, sino tambien batientes como en *ff*, construidos y colocados de modo que no tengan movimiento alguno, y separados á tal distancia que no toquen ó ajusten á ellos los extremos del tablero, para cuyo efecto se les deja algo mas de media pulgada de juego; de este modo, si se llegara á colocar un gran peso, este excitaria á tal grado la elasticidad de las vigas, que el tablero adquiriria una posicion casi recta, y sus extremos se apoyarian contra estas, al mismo tiempo que se sostendria por las de abajo. Estos puentes levadizos contrapesados, por su sencillez y mayor facilidad en su manejo, están mas en uso que los de molinete. Cuando el canal ó conducto del agua es muy ancho, se hace uso de dos alas ó plataformas que se fijan con visagras ó goznes, una á cada lado de dicho canal con sus correspondientes aparatos para suspenderlas ó bajarlas, y en este caso se juntan y quedan al tope en el centro; aquellas llevan una forma curva, y deben tener buenos estribos en la parte de tierra para impedir su expansion. Estos puentes se aplican con frecuencia en el centro ó arco mayor de los permanentes de piedra ó de otro material, que se construyen sobre rios para dar paso á los buques de vela.

603. El puente de rotacion ó giratorio es mucho mas costoso que el levadizo; pero se hace mucho uso del primero en los canales, particularmente para caminos, con especialidad cuando estos no son tan frecuentados que garanticen la construccion de un puente permanente de piedra, de ladrillo ú otro material. Su construccion es de modo que nunca muda su posicion horizontal, sino que gira sobre un eje y describe un cuarto de círculo, de suerte que puede colocarse por encima del agua ó impulsarse y traerse á tierra. La figura 137 representa el perfil ó elevacion de esta clase de puentes: *ab* manifiesta el canal ó conducto del agua que ha de salvarse, y *cd* la plataforma de madera, que por lo regular

lleva barandas ó parapetos para la seguridad de los pasageros: así pues, estos puentes tienen toda la apariencia de los estables ó permanentes, y por medio de cierto mecanismo pueden hacerse girar por encima del agua. Se efectúa el movimiento de la manera que indica la figura, en la que *e* es una barra cilíndrica ó vara fuerte de hierro forjado como de 3 pulgadas de diámetro, cuya punta es de figura cónica obtusa, que debe ser de acero templado; su extremo inferior se coloca en el centro de la cruz *ff* que será de madera ó de hierro colado; la barra se sujeta y afianza á la cruz por medio de piezas ó enlaces de hierro, que se extienden en cuatro direcciones, para que aquella no pierda su posicion perpendicular respecto á la cruz. Para colocar el puente, se abre una fosa cerca de una de las orillas del canal y se construye un cimiento sólido de piedra ó ladrillo *g*, cuya parte inferior así como la superior se nivelan perfectamente, dejándolo 5 ó 6 piés mas bajo que la superficie que se ha de dar al puente: en este cimiento se coloca la cruz asentándola con mezcla de modo que el barrote quede bien perpendicular. Concluida esta operacion se construye en seguida una obra sólida y nivelada de ladrillo sobre la cruz y al rededor del barrote de 2 ó 3 piés de alto, de modo que queden cubiertos los enlaces de la primera y parte del segundo, dejando solo descubierto de su parte superior como 30 pulgadas ó 3 piés; lo que se ejecuta para fijar y dar estabilidad al referido barrote. Se fija seguidamente sobre la obra de ladrillo un anillo plano de hierro colado de superficie muy llana y lisa y de 6 á 8 pulgadas de ancho lo menos, que se afianza en la obra por medio de barras que se entierran en ella, de modo que el barrote quede exactamente perpendicular y en el centro de dicho arco ó anillo, cuya superficie superior deberá nivelarse perfectamente. La armadura del puente consta de tres ó cuatro maderos del largo suficiente para que alcancen del uno al otro lado del canal, y que al mismo tiempo cubran el anillo. Una de estas piezas se muestra en *cd*: llevan una ligera comba ó inclinacion por la parte superior, y para mantenerlas sujetas, se ensamblan en fuertes cabezales, dándoles mayor seguridad y firmeza colocando entre ellas piezas trasversales, como asimismo cubriéndolas con tablones por la parte superior. La pieza trasversal debajo de *c* recibe la punta ó extremo superior del barrote que obra en un pedazo ó zoquete de bronce ó hierro colado con un hueco de figura cónica que se acomoda á dicha parte superior. Una sólida armadura de made-

ra *h* vá unida por los postes ó piés derechos *ii* á la parte inferior del puente; la armadura va cerrada con tablas por debajo, y ademas lleva un anillo de hierro colado ó ejes en forma de brazos, en donde giran las ruedas ó roldanas sobre que descansa todo: deben tener las ruedas lo menos 4 pulgadas de diámetro, quedando su altura tan bien proporcionada, que cuando se coloque el puente en su eje, solo toquen aquellas y corran por la superficie superior y lisa de la plancha inferior de hierro colado, y para que el movimiento sea mas estable ó firme, el barrote de hierro del centro pasa por un agujero forrado interiormente con el mismo metal, abierto en un madero que atraviesa el marco *h*. Por último, entre el puente y la plancha de hierro superior, y sobre la armadura entablada *h*, se amontonan piedras pesadas ó lingotes como se ve en *l* por detras del barrote de hierro *e*, y se van agregando hasta que este peso iguale al de la parte saliente del puente en *d*, con lo cual un hombre con solo una mano puede con facilidad hacer girar un puente capaz de sostener los carros mas pesados. Despues de colocar el puente, las partes movibles se rodean ó circundan con una obra de ladrillo de forma cilíndrica parecida al brocal de un pozo que llega hasta la superficie del terreno: el piso de madera ó plataforma del puente sobresale á la obra, ó la cubre de modo que la oculta á la vista, é impide todo lo posible la introduccion de tierra, de cascajo ó de otra cualquier cosa que pueda estorbar á las partes movibles. Fórmase una compuerta en el puente, ó se deja á reserva una entrada en la obra de ladrillo de bastante capacidad para que admita por el hueco á un hombre, que de tiempo en tiempo entra á limpiar y dar grasa ó aceite á dichas piezas movibles. El extremo opuesto del puente entra en un gran rebajo ó canal formado de dos piezas de madera, cuyas secciones se ven en *m* y *n*: la pieza *m* recibe el peso del puente, por cuya razon debe ir muy bien asentada y afianzada con barras enterradas en un buen cimiento de ladrillo de piedra ó madera, y *n* sirve de batiente al puente cuando este se cierra. Se mantiene firme en su lugar por medio de piezas de madera casi horizontales y ocultas debajo de tierra y apoyadas en terreno firme.

El batiente y cabezal no se colocan en direccion perpendicular al eje del puente, sino en otra un poco sesgada, de modo que al concluir el tablero su movimiento para franquear el paso, queden el batiente y cabezal al tope, sin que sea posible pasar mas allá el movimiento del tablero. Esta direccion inclinada hace por lo

tanto las veces de cuña, pues cuando la plataforma se cierra con un fuerte impulso, se hace firme y aprieta de tal modo, que no deja al puente movimiento alguno mientras dura el tráfico. El efecto de esta sujecion puede, sin embargo, ser perjudicial, pues con este movimiento está á riesgo de salirse el puente de quicio por el lado opuesto; mas se precave este accidente por medio de fuertes costillas circulares de madera colocadas por detrás de la armadura *ii*, y distantes como un cuarto de pulgada de la parte interior del muro circular correspondiente, el cual ofrece la fuerza necesaria para resistir cualquier movimiento ó impulso. Estos puentes suelen quedarse trabados cuando se cierran ó echan sobre el canal, particularmente cuando les cae tierra ó cascajo en la junta sesgada ó de cuña; para estos casos se clava en tierra un poste corto, y por medio de un espeque ó palanca se les dá impulso, y así quedan tan flojos que un niño puede moverlos con la mayor facilidad.

604. Los puentes de rotacion suelen hacerse enteramente de hierro colado, como lo son los que estan á la entrada de los diques de Lóndres. En estos las planchas de hierro colado por donde corren las roldanas tienen 16½ piés de diámetro, son fundidas de una sola pieza, y es tal el peso de dichos puentes, que para cerrarlos y abrirlos es necesario valerse de cadenas, cabrestantes y molinetes. Constrúyense asimismo de dos piezas en dos mitades, que se colocan á los lados opuestos del canal ó dique, y se les hace girar en direcciones tambien opuestas, y de tal modo construidos, que al juntarse en el centro quedan sus extremos enlazados. Cuando se hace uso de estos puentes se les dá una forma curva ó semiarqueada con una ligera elevacion en el centro; con esta forma requieren estribos de mayor consistencia y firmeza que los hasta aquí descritos. Esto se logra empleando largas piezas de hierro colado en forma de cuñas, que se introducen entre el puente movible y los estribos sólidos, por el movimiento de un rastrillo ó rueda y piñon, y no debe permitirse peso alguno sobre dicho puente hasta que no estén colocadas en sus respectivos lugares, y por consiguiente deben quitarse otra vez antes de dar movimiento al puente.

605. A todo puente, sea giratorio ó levadizo, debe fijarse una pequeña cadena, de largo suficiente para que descanse en el fondo del canal, y se extienda á un poste colocado en la orilla opuuesta, al que se ata con el objeto de facilitar el paso desde la orilla, cuando acontece que el puente se ha dejado abierto. Sucede á me-

nudo en este caso que los carros y carretas cargadas tienen que demorarse y esperar horas enteras al llegar al puente; mas este mal se evita completamente por medio de la cadena, siendo fácil á cualquier individuo tirar del puente y traerlo hácia él, en caso de encontrarlo abierto, no obstruyendo aquella en modo alguno el tránsito de los botes, porque las cadenas permanecen siempre en el fondo del canal.

606. Los principios de carpintería ya establecidos son aplicables á la construccion de suelos, divisiones, fábricas de madera y techos de todas clases; mas aun queda que referir otra aplicacion no menos importante: tal es la de las cerchas para sostener los arcos mientras estos se construyen, con lo que terminará esta seccion.

Todo el que considere la naturaleza de un arco construido de ladrillo, piedra ú otro material en piezas separadas, quedará desde luego convencido de que no ha podido colocarse en la posicion que ocupa sin el auxilio de un apoyo artificial para sostenerlo, hasta que concluido el arco pueda mantenerse por sí mismo: en este caso se retira el sosten ó apoyo artificial para dejar abierto ó expedito el claro ó espacio que llena el arco.

Esto mismo se verifica en todos los arcos ó bóvedas desde la mas pequeña hasta la de mayor tamaño, y este sosten ó apoyo artificial se llama la *cimbra* del arco.

607. Para la construccion de cimbras para arcos pequeños no se necesita de mucha inteligencia ó destreza; los dos puntos principales á que debe atenderse para su formacion en general son que la superficie superior ó partes que han de quedar en contacto inmediato con los materiales, tengan exactamente la figura que intente dárseles, bien sean parte de un círculo, una elipse, ú otra forma curva cualquiera, y que sean de la suficiente fuerza y resistencia para sostener el peso de los materiales con que se forma el arco, junto con el de los obreros, herramienta y otros objetos que sobre ellas se coloquen, sin que por esto se resientan ó pierdan su figura. Lo primero es de necesidad, porque como las piedras y ladrillos se van colocando en órden sucesivo é inmediatamente sobre la superficie superior de las cerchas de que se forma la cimbra, una vez concluida la obra, debe esta coincidir exactamente con la forma de dicha superficie, porque si existen algunas irregularidades ó desigualdades en la cimbra, se trasmiten á la obra dándole mal aspecto, cuando no peligre su estabilidad. El otro requisito, esto es, la fuerza y estabilidad, es de precision para el

primer principio; porque si una cimbra se hace en toda regla y con toda perfeccion, y que por debilidad ó por estar mal colocada muda su figura ó cambia de posicion por el aumento gradual del peso que se vá colocando sobre ella, tendria tan mal aspecto y aun todavía peor, que si hubiese sido mal formada desde un principio, pues los ladrillos, la mezcla y la piedra son materiales inflexibles que no admiten, sin quebrarse, cambio alguno de forma despues de asentados. La primera porcion de obra que se coloca sobre la cimbra, adquiere desde luego la figura exacta de ella; pero si en la continuacion de la obra se aumenta el peso, y este altera la figura de la cercha, producirá en primer lugar empuje ó una fuerza de expansion que obrará contra la obra nueva, y en su consecuencia se abririan las juntas ó podria aquella desprenderse ó separarse de la obra, quedando esta sin apoyo, lo que produciria asiento, y por consiguiente desapareceria su simetría y hermosura á la vez que su estabilidad.

608. Los principios ya establecidos para la construccion de techos son aplicables, aunque con algunas modificaciones, á la de las cimbras; mas estas ofrecen muchas mas dificultades que las que se encuentran en aquellos, y es preciso esforzar el juicio y la destreza para salvarlas. Son los techos construcciones estables, que una vez colocados en el lugar que han de ocupar no deben moverse despues; por lo tanto basta tomar las precauciones necesarias para hacerlos estables y seguros. Solo hay que cubrirlos con materiales sencillos y ligeros, y de la resistencia justamente necesaria para poder resistir á la accion de la nieve, del sol y de la lluvia; por consiguiente nunca son muy pesados, y cualquiera que sea su peso queda siempre bien repartido por toda la superficie. En ellos no ocurre mudanza alguna en el peso, excepto el de la nieve que allí se amontona, ó tal vez el de algunas personas que ocasionalmente se paren sobre ellos. Sucede muy al contrario con las cimbras para la construccion de los arcos. Estas no son construcciones inmovibles ó estables, sino que se ponen y quitan así que se concluye la obra en que se han empleado, lo cual se debe ejecutar sin lastimarla ó desfigurarla, y por consiguiente no ha de embeberse ó empotrarse ninguna de sus partes en las de la obra ni formar parte de ella. La obra ó cubierta que llevan por encima, lejos de ser sencilla y ligera es al contrario en extremo pesada, pues en los arcos de puentes de gran tamaño, no es poco comun ver colocadas sobre las cimbras obras de cantería de cen-

tenares de toneladas de peso, sin otro sosten ó apoyo que el que resulta de las primeras. Tampoco puede distribuirse la carga con igualdad, porque esta se dispone principiando desde el punto mas bajo, ascendiendo gradualmente hasta el mas alto, y es por consiguiente una série que va aumentándose constantemente, que no puede por sí sola sostenerse hasta que no se colocan las claves, y en este caso, aunque el arco puede mantenerse por sí, la cimbra no se alivia de su peso hasta que esta no se baja ó retira de la superconstruccion. Así es que la formacion de una cimbra que corresponda perfectamente al objeto á que se destina, así como el órden de colocarla de modo que permanezca estable y firme mientras se está haciendo uso de ella; el hacerla bajar hasta cierto grado sin que esta mude su forma ni pierda en nada su primitiva firmeza y resistencia; y finalmente, el acto de retirarla ó apartarla de la obra sin desfigurarla ó causarla el mas leve daño, se considera como una de las tareas mas difíciles á cargo del ingeniero, y una obra maestra del oficial ó artífice empleado en su construccion. Verdaderamente la hermosura, estabilidad y duracion de un arco construido con materiales adecuados y de un trabajo bien desempeñado, dependen enteramente de la perfeccion de la cercha de que se ha hecho uso.

609. La cimbra consta de dos partes ó elementos principales. A una de estas partes se llama *cercha ó formero* porque sirve para dar la forma ó curva al arco, y á la vez fuerza y resistencia á toda la construccion; y á la otra llaman *enlistonado ó cubierta*, que se forma con listones, tablas, tablones ó maderos paralelos, que atraviesan de un formero á otro, ó por encima de varios, segun el tamaño del arco, y sirven para sujetar las cerchas y proporcionar á la vez una superficie extendida y lisa, para sobre ella colocar los ladrillos, piedras ú otros materiales que han de servir para la construccion del arco.

610. Las partes ó elementos de que constan las cimbras pequeñas van regularmente clavadas, y de tal modo dispuestas, que los listones y formeros forman una sola pieza, y enteras se colocan y mudan de un paraje á otro. Mas no sucede así con las de mayor tamaño, pues el peso y volúmen de los materiales obliga á servirse de ellas en piezas separadas; y aun muchas veces sucede ser tan voluminosa y pesada una sola cercha que no puede trasportarse entera, y se tiene que desarmar ó dividir en piezas para poderla conducir al punto en que se ha de emplear, en donde se arma ó

arregla de nuevo, lo que pide mucho cuidado para que queden las piezas perfectamente ajustadas y no pierda su posicion despues de colocada. La misma operacion se hace desde luego con todas las demas cerchas: se colocan paralelas unas á otras y se ajustan de modo que sus superficies superiores esten en direccion de las líneas horizontales que se tiran al través de ellas, procediendo en seguida á darles seguridad y sujecion por medio de riostras inclinadas ó diagonales que alcancen de una á otra cercha, y despues se cubren ó forran con los listones.

611. Por pequeña que sea la cimbra deberá siempre constar de dos cerchas, aunque sea para la construccion de un arco de un solo ladrillo ó de 9 pulgadas de grueso; una para cada extremo del forro ó cubierta, y ademas el número adicional de las intermedias, que depende en conjunto de su propia fuerza y del peso de los materiales que tienen que sostener. Este problema solo puede resolverse por medio de los conocimientos prácticos del ingeniero, y del auxilio de las reglas ya sentadas para determinar la fuerza de los materiales; teniendo presente en todos los casos, que siempre será mejor errar dando demasiada fuerza que poner mucha confianza en las obras débiles, ó en las que se ha calculado aquella por aproximacion. Una cercha de gran tamaño es muy costosa, mas su valor primitivo nada es comparado con los gastos que se originan si llega á fallar cuando se está haciendo uso de ella; pues si se quiebra ó pierde su forma mientras se construye el arco, no queda otro arbitrio para reparar el daño que echar abajo toda la obra que se haya hecho, reponer y reforzar la parte dañada de la cercha y principiar de nuevo el trabajo. Se acostumbra en la construccion de grandes puentes colocar las cerchas paralelas unas á otras, á la distancia de tres á seis piés, segun lo requieran las circunstancias. Por lo que ya se ha dicho sobre el particular se verá que sirven para los mismos usos, y obran del mismo modo que las de las armaduras de un techo; y puesto que el peso de la superconstruccion, incluso el del enlistonado, va sostenido por ellas, es tambien evidente que el apoyo de toda la cimbra, mientras está sirviendo, reside en el pié ó estribo de las cerchas, y no en otra parte alguna.

612. En la construccion de arcos regulares, tales como porciones cilíndricas y otras curvas que son de dimensiones iguales en todas sus partes, las cerchas de que se hace uso deben ser precisamente de un mismo tamaño, y puesto que han de sobrellevar

el peso de la obra, deben ser con muy corta diferencia iguales en todas sus partes despues de concluidas, como asimismo serán de igual fuerza aproximadamente. De aquí se sigue que cualquier método que se adopte en la construccion de una cercha, es igualmente adaptable á todas las demas de que se haga uso; por tanto, en la descripcion que en adelante se haga de las cimbras se seguirá el plan acostumbrado, contrayéndose á una sola cercha y refiriendo el número que de estas ha de emplearse, teniendo presente que por largo que sea el arco, el enlistonado corre en toda su extension sobre la superficie curva de dichas cerchas, y en los mas de los casos formando ángulos rectos con ellas; por consiguiente no hay para qué dar otros particulares respecto al enlistonado; y al hacerse mencion de él, solo se expresará el tamaño ó dimensiones que ha de llevar.

613. En algunos casos puede ser preciso construir los llamados *arcos abocinados, cónicos ú ojivos*, los que son mas anchos por un extremo que por el opuesto, ó semejantes á una parte de la superficie de un cono truncado. En este caso es claro que las cerchas no han de ser de un mismo tamaño, sino con distintos rádios de curvatura. Debe construirse una de un tamaño para el extremo ancho del arco y otra para el pequeño ó angosto; colócanse paralelas una á la otra, ó en alguna otra posicion que concuerde con la que han de ocupar los extremos del arco uno respecto al otro; despues se aplican cordeles sobre las superficies curvas de las dos referidas cerchas á distancias proporcionadas, y estos cordeles indicarán el tamaño que han de tener las intermedias y el número que se estime necesario construir y colocar á las distancias que se designe entre los dos extremos; por consiguiente el enlistonado debe correr en línea recta sobre las partes superiores de todas las cerchas, y quedará formada la superficie cónica ú otra decrecente que haya de darse al arco.

614. Debe advertirse en este lugar, que solo en la construccion de puentes de dos ó mas arcos se requieren cimbras de varias dimensiones, y que es excusado construir gran número de superficies iguales para una série de porciones de bóveda de un mismo tamaño, pues dichas cimbras pueden trasportarse de uno á otro lugar, y servir segun se adelanta la obra, lo que ahorra grandes costos. Así pues, si se quiere hacer una cloaca ó desaguadero cilíndrico, ó construir una bóveda subterránea de alguna extension, ó un camino cubierto entre dos muros paralelos que han de

abovedarse, bastará para dicha operacion una cimbra de 6 á 9 piés de largo, ó mas corta si la abertura es ancha y la referida cimbra pesada. Esta se coloca primeramente en su correspondiente lugar en un extremo de la obra, y seguidamente se construye el arco en toda su extension. Concluida esta parte, se retira la cimbra y se coloca mas adelante, casi á la distancia de todo su largo, llevando cuidado que uno de sus extremos quede 1 ó 2 pulgadas debajo de la obra que acaba de hacerse. En esta nueva posicion se pone recta, se nivela y asegura, hecho lo cual, puede ejecutarse otra parte de bóveda de igual largo que la anterior, se repite el cambio de la cimbra, se vuelve á ajustar, y asegurándola queda expedita para formar una tercera porcion de obra, y de este modo se prosigue el trabajo hasta que se consiga formar la bóveda del largo que se desee con solo una cimbra corta. En estos casos la única regla que puede darse con respecto á sus dimensiones, es que no debe ser tan larga ni tan pesada, que sea necesario hacer un esfuerzo extraordinario para colocarla ó retirarla, pues generalmente no hay mucho campo para revolverse, y se está á riesgo de trastornar y derrumbar parte de la obra reciente, si el manejo de la cimbra no se ejecuta con suma facilidad.

615. Cuando hay que construir un puente sobre un rio, bien sea de ladrillo ó de piedra, de un solo arco, es obvio que será menester colocar la cimbra toda á la vez antes de principiarse á formar aquel; mas si se trata de construir otro de dos arcos cuyos arranques descansen por un lado en un pilar situado en medio del rio, y por el otro en uno de los estribos construidos al efecto en las dos orillas opuestas, se necesitan en este caso dos cimbras, debiendo colocarse ambas en sus respectivos lugares antes de principiarse á fabricar aquellos. La razon es porque si se coloca una sola de aquellas, y uno de sus extremos descansa en alguna de las orillas mientras el otro se apoya en el pilar que se halla en medio del rio, y se forma un arco que alcance de uno á otro punto, será imposible retirar la cimbra despues de concluido el arco, sin gran peligro de echar toda la obra abajo, á menos que el pilar del centro no sea de una fuerza y solidez extraordinaria. Tan luego como se retira la cimbra, la expansion lateral del arco principia, y como no puede efectuarse contra el estribo sólido de piedra, toda su fuerza expansiva obra en el pilar en la direccion que encuentra menos resistencia á la presion, y por consiguiente se derrumbará el arco. Pero si se colocan las

cimbras á la vez, y se construyen los arcos á un mismo tiempo, el peso se distribuye con igualdad por los lados opuestos del pilar, y cuando se retiran las cimbras, entran á obrar dos fuerzas impulsivas iguales y diametralmente opuestas que se neutralizan una á otra, y por lo tanto el pilar permanecerá firme.

616. Si se quiere construir un puente de muchos arcos, por las razones arriba expuestas, solo dos cimbras son de absoluta necesidad, aunque siempre sería ventajoso hacer uso de una tercera. En este caso, se colocan primero las dos ó tres cimbras que han de servir para los arcos de un extremo ó estribo del puente, y se principia á construir el arco de la parte de tierra, comenzando por sus piés ó extremos, y al ejecutarse esto se construye parte del segundo arco sobre el primer pilar para impulsarlo hácia abajo, y que al mismo tiempo reciba un peso igual por ambos lados, con lo que se le dá mayor estabilidad; y si sobre el segundo pilar se construye una pequeña parte del segundo arco, se aumentará el efecto, pues por este medio se contrapesa la segunda cimbra, impidiendo se desfigure esta impulsada por la presion lateral emanada del peso que resiste. Manejándose diestra y juiciosamente, el peso ó carga puede disponerse de modo que acabado de construir el primer arco pueda retirarse la cimbra y colocarse en el lugar que deba ocupar el tercero ó cuarto segun el que fuere; y entonces se concluye el segundo inmediato á tierra, y de este modo puede continuarse el puente al través del rio hasta que solo falten dos arcos del lado opuesto; y si se han construido tres cimbras, se fijan una ó dos á la vez, segun fuere el caso, principiando á trabajar desde la orilla opuesta hasta rematar la obra.

617. Este órden de construir no es de un uso muy comun, porque generalmente sucede que los arcos del centro de un puente son mayores que todos los demás, disminuyendo estos á medida que se aproximan á la orilla, y cuando esto acontece no puede haber esta mudanza ó cambio de cimbras, á menos que se principien los trabajos en un lado del rio y luego en el otro y así alternativamente hasta encontrarse en el medio ó centro del arco. No obstante ser tan poco usado, lo adoptó sin embargo el ingeniero inglés Mr. Rennie en la construccion del puente de Waterloo sobre el Támesis en Lóndres, el cual consta de nueve arcos semielípticos de piedra, exactamente iguales, de $38\frac{1}{3}$ piés de elevacion y $131\frac{1}{3}$ de cuerda. Se dió el mismo tamaño á estos arcos, con el objeto de formar sobre el puente un camino perfectamente ni-

velado, en vez de los planos inclinados adoptados en la mayor parte de los puentes.

618. Alguna vez sucede que se construyen arcos en lugares ocultos, solo por la fuerza y resistencia que de ellos se obtiene; por consiguiente su simetría y hermosura no es de importancia, y en algunos casos puede dificultarse y á veces hacerse absolutamente imposible el colocar y retirar las cimbras. Así pues, si se quiere dejar un hueco ó ventana grande en un muro alto y macizo, pero que en vez de ser de forma arqueada sea recta, no podria verificarse esto sin colocar antes un puente ó umbral de madera ó piedra al través del hueco y de la obra que queda por encima. El umbral puede quemarse, romperse ó sufrir otro daño con el tiempo, por lo que quedaria el muro en peligro. Para precaver este daño, no hay mas que hacer cierta porcion de obra sobre dicho umbral, terminando por la parte superior con una curva ó semicírculo, pero sin atender al enlace del resto de la obra, y que los arranques de dicha curva ó semicírculo queden sobre los lados perpendiculares del hueco, ó lo que es mejor sobre los extremos del umbral. Adóptase esta clase de obra para servirse de ella como de cimbra para formar un arco, el que se construye á continuacion, y sobre él se sigue construyendo el muro del mismo modo que si se verificara sobre el umbral: al recurrir á esta operacion se verá claramente que si dicho umbral se pudre ó se extrae junto con la obra que sirvió de cimbra, en nada se alteraria el muro, porque el arco es el que sostiene ahora el peso en lugar del referido umbral, el cual puede en cualquier tiempo reponerse con otro nuevo.

619. Sucede con frecuencia tener que ocurrir á los arcos para sostener cimientos de muros y otras fábricas, pero que no pueden sufragarse los grandes costos que se originan en la construccion de cimbras: así acontece cuando al hacer las excavaciones para construir los cimientos de un muro de grande extension, se encuentra el terreno por unas partes duro, sólido y seguro, y por otras á veces blando y movedizo, á causa de algun manantial, ó bien por que antes se hubiese movido aquella parte ó pisonado recientemente, por cuya circunstancia no sería á propósito para la construccion de un muro: en este caso es preciso formar un arco que alcance desde un terreno firme á otro de igual solidez, salvando de este modo los lugares movedizos ó poco consistentes. Para esto se ocurre generalmente á las *cimbras de tierra*; estos son unos

moldes ó plantillas cóncavas ó curvas que se forman de tablas delgadas, á las que se dá la misma figura que han de llevar los arcos, y se colocan en tierra, despues de cavarla y disponerla en la forma conveniente para recibirlas. Amoldada de este modo la tierra, se pisa fuertemente hasta que queda con la forma curva que se desea; hecho esto, se construye sobre ella un arco de piedra ó ladrillo, con tan buen resultado como si se ejecutase sobre una cimbra formada en regla por mano de un carpintero, y sobre este arco pueden levantarse los muros sin temor alguno, pues si el terreno blando cede ó se hunde por debajo del referido arco, vendria á importar tanto como quitar las cimbras de madera á otro construido del modo ordinario.

620. A este método se ocurre en la construccion de fornayas, hornos de panadería y de carbon ó coke, cuyas partes superiores son como especie de cúpulas de formas irregulares y de dificil construccion en la carpintería. Pero construyéndose los muros laterales perpendicularmente, el cuerpo del horno se rellena con arena húmeda, la que se amontona y amolda dándole una figura convexa exactamente igual á la que ha de llevar la cúpula; despues se colocan los ladrillos del mismo modo que se verifica sobre una cimbra. Luego que la obra esté bien sentada y seca, se extrae la arena por la puerta ó boca del horno.

621. Hechas estas observaciones preliminares, se pasa á describir los principios y la construccion de las cimbras para los usos y aplicaciones ya referidos.

Toda cimbra se construye de madera, y se refuerza por medio de abrazaderas de hierro forjado ó planchas de aguante de hierro colado; afianzándose las cerchas con tornillos ó pernos de hierro forjado de rosca y tuerca con volanderas, para de este modo poderlas desarmar con mas facilidad, y volverlas á armar cuando haya de hacerse uso de ella, ó trasportarse de un lugar á otro. En esto se diferencian de los techos, pues estos se clavan y aseguran de firme, porque nunca se han de mover despues de construidos y afianzados en sus respectivos lugares.

622. Las cimbras pequeñas se forman generalmente de dos, tres y aun mas cerchas, que se forran clavando de firme los enlistonados en sus superficies convexas. Las cerchas deben siempre construirse de dos á tres tablones, ó tablas unidas y clavadas, y el hilo de la madera atravesado, ó dispuesto de modo que las piezas se fortalezcan ó refuercen mútuamente: la parte inferior de

la cimbra debe ser recta formando el diámetro ó cuerda de la curva de la parte superior, con el doble objeto de enlazar é impedir que la superficie curva se abra, y obtener á la vez una superficie plana ó base en que se apoye y pueda sostenerse la cercha cuando se hace uso de ella.

623. En las grandes cimbras para la fábrica de puentes esta disposicion no llena el objeto; por lo tanto habrá que recurrir á los principios de carpintería ya establecidos. La regla que principalmente debe observarse es disponer las piezas de modo que no estén sujetas á otra fuerza que á aquella que tienda á empujar ó á tirar en direccion de su largo, y en toda construccion de madera la fuerza que empuja ó impele es sin disputa mas ventajosa que la que tiende á tirar ó atraer, pues cuando esta tiende á sacar una viga de su lugar, debe sujetarse en él por medio de una escopleadura y espiga, que oponen una fuerza muy insignificante si no se refuerzan con abrazaderas y pasadores de hierro. Se ofrecen casos en que se hace dificultoso convertir todas las fuerzas que tienden á tirar en otras que impelan ó empujen, y los mejores constructores adoptan las piezas de enlace, y verdaderamente, siempre que se pueda aplicar una llave ó puente que sujete los extremos ó piés de la construccion, no hay que buscar mayor seguridad. Pero esto es con frecuencia impracticable y ofrece inconvenientes, porque si el rio es navegable dichas llaves cerrarian el paso á todos los barcos del tráfico, y como todos los rios están mas ó menos expuestos á avenidas, las mencionadas llaves quedarian alguna vez debajo del agua, siendo muy factible que la corriente las arrastrase consigo, y junto con ellas toda la construccion, pudiendo atraer esto males de muy graves consecuencias.

624. Para evitar, pues, los daños que pueden originar las corrientes y avenidas, y para dar libre paso á los troncos, trozos de madera, al hielo y otros objetos que se ven flotar en los rios, la prudencia aconseja omitir el uso de estas llaves ó puentes y colocar las cimbras todo lo mas retirado del agua que sea posible, evitando dar al camino del puente pendientes ó declivios incómodos y molestos. En realidad, cuando son navegables los rios, la elevacion de las cimbras es de absoluta necesidad, y si se aplican los principios de construccion de carpintería, se verá que puede obtenerse una fuerza muy considerable sin ir mucho mas abajo de la parte inferior del arco, y que por consiguiente puede quedar bastante lugar para el tráfico de los botes, y otras embarcaciones mien-

tras aquel se está construyendo. Para formar con perfeccion una cimbra de esta naturaleza se requiere gran discernimiento, atendiendo escrupulosamente á la disposicion y modo de obrar de todas las piezas, pues por grande que sea la experiencia que se tenga, no es tan fácil asegurar si alguna de las vigas de que se compone una cimbra está sujeta á la compresion ó á una fuerza de extension. En la construccion de una buena cimbra se emplean varias piezas, que juntas han de producir dos efectos, y son fuerza y tesura, é inmutabilidad de forma. En esta combinacion no debe entrar pieza alguna que no desempeñe su oficio ó tenga su objeto, pues de otro modo se sobrecargarán las cimbras de un peso inútil sin sacar de ello provecho alguno. Todas las piezas deben ir de tal suerte colocadas que surtan el mejor efecto posible, ó en otras palabras, que queden sujetas á la compresion longitudinal cuando esto pueda conseguirse, ó á la extension longitudinal como mas á propósito en defecto de la primera.

Deben evitarse cuidadosamente todas aquellas posiciones en que puedan quedar las piezas expuestas á la presion lateral, y por consiguiente á doblarse, y el artífice no solo debe saber trazar y disponer las piezas de modo que se obtengan estos efectos, sino por la vista y por medio del raciocinio juzgar del efecto que causan unas con otras; cuáles están expuestas á la fuerza de compresion, y las que lo están á la de extension; cuáles son las consecuencias que deban esperarse por la rotura de algunas de dichas piezas; el efecto que esto pueda causar en el todo de la construccion; el modo de reparar el daño y de corregir los defectos, y saber si el todo quedará firme é inmutable.

625. Todo esto podrá determinarlo en general el arquitecto experimentado por medio de un plano exacto arreglado á escala, en donde se anoten las dimensiones de las diferentes partes y materiales de que se hace uso. Pero esto no es de esperarse del jóven é inexperto; así, pues, si por algun efecto casual se le encarga de la direccion de esta clase de obras, el mejor plan que debe adoptar es no emprender nada original ó nuevo, sino seguir el método que otros mas experimentados que él han adoptado, é imitar lo que ya se ha ejecutado con buen éxito. En este caso el jóven ingeniero trazará diseños, anotará las dimensiones de los materiales, el órden en que están dispuestos, y todo cuanto se le ofrezca á la vista y pueda ocurrirle en la marcha de su carrera ó ejercicio de su profesion; verá, pues, que un libro de memorias y una coleccion de dibujos y bosquejos le serán sumamente necesarios y útiles. Sin embargo, si quiere ensayar sus conocimientos emprendiendo algo bajo un nuevo plan, se le aconseja que no confie demasiado en el dibujo, y será mejor un modelo arreglado á escala y probar en él los efectos del peso, aplicándolos de modo que vengan á quedar aproximadamente en el mismo lugar que hayan de ocupar en la construccion proyectada en grande. Entonces deberá inspeccionar las juntas con el objeto de cerciorarse cuáles son las que están expuestas á la compresion y cuáles á la fuerza de extension, pues como ya se ha dicho es á veces dificil conocerlo en un plano, y la experiencia no puede hacerse en escala mayor con la cimbra entera ni aun podria efectuarse con una sola cercha. Son tan voluminosas, que por grande que fuese el peso con que se cargasen por via de prueba, no las alteraria en lo mas mínimo ni guardaria proporcion sensible con la inmensa carga que ha de colocarse sobre ellas cuando se construye el arco, á lo que se agrega que la fábrica de este es operacion muy costosa para considerarse como experimento. Si se comete alguna falta ó algo se omite, entonces desaparece el arco, y junto con él, probablemente la reputacion y porvenir del jóven ingeniero que acometió la empresa.

626. No puede darse una prueba mayor en abono de la verdad de esta asercion, que la de encontrar piezas empleadas como tornapuntas (en las que se pone gran confianza usadas como tales), en los planos de algunos de los artífices é ingenieros de mas nombradía, mientras que en la realidad estas piezas obran precisamente como tirantes, y que como tales deben emplearse y asegurarse. Entre otros puede servir de ejemplo la tan celebrada cimbra que sirvió para la construccion del puente de piedra del Loire en Orleans (Francia), trazado por Mr. Hupeau en 1750. Consta este puente de nueve arcos semielípticos: el del centro tiene 33 piés de alto y 117 de cuerda; los de los extremos $30\frac{2}{3}$ piés de alto y 107 de cuerda. Con justicia se considera generalmente como una de las construcciones mas sencillas y hermosas que en su clase se hayan jamás ejecutado, y todo el que ha visto las cimbras-cerchas que sirvieron para su fábrica, habla de ellas lleno de admiracion. Sin embargo, son materialmente defectuosas, como adelante se verá. El órden en que están dispuestos los maderos en estas cimbras se ve en la figura 138, en la que se observará que las piezas principales forman parte de dos polígonos que no están paralelos ni son concéntricos. Cada uno de estos ofrece cinco lados para sostener la

obra, y están enlazados por cinco fuertes llaves, cada cual con sus piezas de sujecion que dividen la cercha entera en tres trapecios y dos triángulos. El del centro lleva un pendolon con dos tornapuntas diagonales. Los dos inmediatos solo llevan dos de estas; los espacios triangulares y angostos de los extremos van unidos con piezas de sujecion solamente. La curvatura regular del arco se obtiene por medio de la pieza curva de madera *aa* que pasa por encima de toda la cercha en el mismo plano, y la sostienen varios zoquetes ó trozos de madera colocados entre la parte inferior de aquella y los lados superiores del polígono; sobre esta pieza encorvada, llamada *el molde del arco*, van colocadas las maderas que han de servir de cubierta ó enlistonado. Esta última pieza y los trozos nada tienen que ver con la resistencia de la cercha, pues solo se emplean para dar regularidad á la curva; así es que la resistencia debe hallarse en el doble polígono y en la construccion de la parte inferior. Esta construccion está fundada en principios sólidos siempre que se pueda asegurar la inmutabilidad de forma; su hechura es de una hermosa sencillez; consta de muy pocas partes, y estas de gran tamaño, pues cada cara ó lado de los polígonos tiene mas de 22 piés de largo, y las vigas 16½ pulgadas cuadradas. Esta obra bien merece los elogios que le prodigan todos los que han escrito sobre esta materia, considerándola como una de las empresas mas atrevidas que de su especie se haya jamás acometido. Pero Mr. Hupeau parece haberse equivocado cuando creyó que el polígono superior é inferior contribuian á la vez á sostener el peso y que estaban igualmente expuestos á la presion causada por este. Esto pudo haber sucedido si el arco de piedra que era de 6½ piés de espesor se hubiera echado entero y de una vez sobre toda la cimbra, y de este modo repartídose el peso por toda ella en el mismo momento, porque en este caso ambos polígonos hubieran recibido el mismo grado de presion, y el uno sostendria al otro; pero las obras de albañilería, sean de piedra ó de ladrillo, marchan despacio y progresivamente, principiándose desde abajo y continuándose gradualmente hasta arriba; por consiguiente la presion obró en los piés ó extremos de la cimbra siguiendo hácia arriba tambien en órden gradual. La consecuencia de esto fue que la cimbra cambió de forma, hundiéndose por sus piés ó arranques ó hácia los senos, con cuyo movimiento se suspendió su parte superior ó céntrica. Ahora bien: como que los lados del polígono inferior eran mas cortos que los del superior, cediendo

no pudieron extenderse á la misma distancia, resultando salirse del lugar en donde estaban sujetos por sus extremos, y entonces fue cuando vino á conocerse que en vez de estar expuesto el polígono inferior á la compresion, como se intentó y creyó, estaba sujeto á una fuerza de expansion, y que habria sido mejor haberlo sustituido con una série de barras de hierro con roscas en sus extremos y sus correspondientes tuercas para apretarlas, convirtiéndolas en llaves ó puentes, única operacion que admitia el referido polígono inferior. De consiguiente todo el peso recayó sobre el polígono superior, y causa maravilla el cómo pudo haberse construido el arco con una cimbra semejante. Mr. Hupeau, autor del plano del puente y de las cimbras que sirvieron en su construccion, dió principio á la obra, mas falleció antes de estar muy adelantado el trabajo. Se comisionó, pues, para su conclusion al célebre ingeniero francés Mr. Perronet, y el trabajo y las dificultades que tuvo que vencer para continuar la obra con las expresadas cimbras, se referirán oportunamente en el capítulo siguiente, destinado á la fábrica y construccion de arcos, y en él se describirá el sencillo mecanismo de que aquel se valió para dar estabilidad á las cimbras y que surtiesen efecto; entonces se comprenderá mejor, pues se procederá antes á examinar los principios en que estriba la fuerza y resistencia de las referidas cimbras.

627. Por lo que ya se ha hablado sobre la materia, claramente se ve que la fuerza y resistencia de toda construccion depende del número de triángulos en que puede descomponerse la obra, y que el impulso ó fuerza que una pieza comunica á otras al encontrarse en un punto, pende de los ángulos de su interseccion que es mayor si son obtusos, ó menor si son agudos, disminuyendo á proporcion que son mas agudos. Esto sin otro exámen sugiere la máxima general, de que en la construccion de cerchas, así como en la de toda obra de mucha resistencia, deben evitarse todo lo posible los ángulos obtusos; y esta máxima, unida á los principios que establecen que, siempre que se pueda, se haga uso de la fuerza de compresion longitudinal, y en su defecto de la de extension tambien longitudinal, y de que en ningun caso debe ejercerse la presion sin otra fuerza que la contrareste, son en resúmen las reglas generales que deben observarse en la materia.

628. Los antiguos, al parecer, no tenian reglas fijas para la construccion de techos, y como la invencion de los arcos es mas reciente, no existia idea general ni objeto determinadamente fijo

en la formacion de los puentes ni de las cimbras que habian de emplearse en ellos, sino hasta principios del siglo XVIII. Consérvanse diseños de las cerchas de que se sirvió Miguel Angel en la construccion de la iglesia de S. Pedro en Roma, que entre los templos cristianos es el mayor del mundo. La corona una magnífica é inmensa cúpula; mas se dice que la cimbra que sirvió para esta no ofrecia ni ciencia ni inteligencia, y que las que se emplearon para construir las bóvedas de las naves, aunque eran mejores, eran sin embargo inferiores á otras que se han construido posteriormente (nota 112).

El arquitecto inglés Sir Cristopher Wren que murió en 1723, reputado en grado eminente como filósofo, matemático, y de refinado gusto, que estaba constantemente ocupado en el ejercicio de su profesion en Inglaterra, y á quien esta debe sus mas bellas obras, entre ellas la célebre Catedral de S. Pablo en Lóndres, introdujo muchas mejoras en el arte de construir; pero desgraciadamente aunque existen y se conservan sus obras literarias y arquitectónicas, parece que no sucede así con su sistema de operaciones prácticas, por las que se veria todo cuanto pueden sugerir el arte, la práctica y la ciencia. Dícese que la cimbra que sirvió para formar la cúpula de la susodicha Catedral de S. Pablo, es una maravilla en esta clase de obras, que se formó en el aire á la distancia de 160 piés del piso ó suelo, y sin haber una cornisa siquiera en que apoyarla.

629. Las primeras cimbras construidas bajo principios científicos se atribuyen al arquitecto francés Mr. Pitot. Son tan sencillas, y al mismo tiempo abrazan tantos puntos esenciales y tan necesarios en la construccion de una buena y perfecta cimbra, que su exámen se considera como asunto muy á propósito para principiar á hablar sobre esta materia. El modo de disponerla para la construccion de un arco semicircular se verá en la figura 139.

Consta de dos partes, una superior y otra inferior. La parte superior es toda aquella que queda por encima del tirante horizontal, llave ó puente AA, y la parte inferior la que queda por debajo de esta. La superior viene á ser una armadura comun de techo con llave y pendolon, pero lleva dos pares principales á cada lado en vez de uno. La viga exterior *b*, se trae hácia afuera á la mayor distancia posible, bastándole tener la suficiente porcion de madera en donde apoyarse en la parte superior del pendolon, y en el extremo del tirante horizontal. Divídese en dos partes iguales la distancia que media entre el pendolon y la ensambladura de dicha viga con la llave ó tirante, y el punto de division señala el lugar en que debe ensamblarse el par inferior y mas corto *c*, á ambos lados del pendolon, mientras que su extremo superior debe ensamblarse en este en el punto mas alto posible, sin encontrarse con la ensambladura del par superior. Toda esta armadura se sostiene á su turno en la posicion intermedia del arco, que como se ve en la figura está mas arriba de la línea tirada á la mitad de la distancia entre la horizontal de los arranques y la clave. Para obtener la posicion del tirante principal AA, se divide todo el semicírculo en cuatro arcos iguales de 45° cada uno, y los dos puntos de division á cada lado desde los arranques darán las posiciones que deben ocupar los dos extremos de los tirantes, y los dos arcos restantes de 45° ó 90° vendrá á ocuparlos la armadura de la parte superior. El sosten de que se ha hecho referencia se obtiene por medio de cuatro tornapuntas oblícuas, dos por cada lado, como en *de*, *df*. Únense los dos piés ó extremos inferiores *d*, que quedan inmediatos á la parte exterior del molde del arco (que aun no se ha descrito), y se apoya el todo sobre los zoquetes ó trozos *q*, que serán de madera dura y compacta, en los cuales se introducen hasta la distancia necesaria para impedir que se deslicen ó pierdan sus posiciones, aunque no deben penetrar tanto que se debiliten ó destruyan los zoquetes. Colócanse estos sobre otras piezas de la misma madera y de mayor tamaño, si es posible, paralelas á aquellos, á las que llaman *soleras, lechos ó camas*, y entre estas y los referidos zoquetes se introducen cuñas, bien sean de hierro colado pulido, ó bien de madera dura, de modo que queden separados los zoquetes de las camas á una distancia de 6 pulgadas hasta 1 pié, y aun á otra mayor, segun sea el tamaño del arco. Requiérese mucho cuidado en esta construccion para elegir las maderas y colocar las cuñas, puesto que estas sostienen todo el peso de la cimbra y el de la superconstruccion, y sirven para suspender, nivelar y ajustar las cerchas en sus lugares correspondientes, y para retirarlas extrayendo aquellas una vez concluido el arco, porque si se aplican golpes á las cuñas por los extremos mas delgados se logra retirarlas á la distancia necesaria ó extraerlas del todo, y en este caso se ponen los referidos zoquetes en contacto con las camas ó lechos, y por consiguiente la cimbra se desprende ó separa del arco y vá desarmándose y retirándose en piezas separadas. Despues de bien aseguradas las tornapuntas de *de*, *df*, por

sus extremos inferiores, se ensamblan por los otros extremos con el lado inferior del tirante principal AA, y precisamente en los puntos opuestos á los en que se apoyan los extremos inferiores de las vigas largas y las cortas de la armadura superior, de modo que su accion se trasfiere inmediatamente hácia la parte superior del pendolon. Mas si se trata de hacer el arco grande se aconseja que de ningun modo se ensamblen las tornapuntas del centro *df* en el tirante principal, sino hacer que sus extremos superiores besen ó se apoyen en los de la sopanda *h*, que vá sujeta con bàrrotes de hierro con rosca á la parte inferior del tirante principal, como se ve en la figura; y esto no solo sostendrá de un modo eficaz los extremos superiores de las tornapuntas internas, sino que á la vez dará mayor fuerza y resistencia al tirante principal en la parte en donde mas lo necesita.

Hasta aquí solo se ha tratado de la armadura que ha de dar fuerza á las cerchas, sin hacer mencion del modo de obtener la forma curva del arco, y esta parte de la construccion es, segun Mr. Pitot, la única que ofrece dificultades. Obtiénese la curva por medio de una cuerda exterior ó liston de madera que circunda la armadura, y se llama el *molde del arco* porque se forma con la figura exacta que ha de quedar al arco despues de construido. Dicho molde es del mismo grueso que el de las cerchas, pero en vez de ser de un solo madero como las demas piezas, se construye con dos y á veces con tres tablones, que se clavan juntos, con pernos, ó se aseguran con barrotes de hierro con rosca, cuyas juntas deben quedar en el plano de las cerchas ó en direccion vertical al tiempo de colocar las cimbras para servirse de ellas. Fórmanse por medio de esta combinacion de maderas mas delgadas, porque á mas de ahorrarse mucho material se les dá al mismo tiempo mayor tesura, en razon á la frecuencia con que se cruza la hebra ó hilo de aquellas. Las piezas de que consta el molde de esta cercha solo tienen cinco puntos principales de apoyo, á saber: uno en la parte superior sobre la cabeza del pendolon; dos sobre los extremos del tirante principal AA, y otros dos en la parte inferior ó zapatas *gg*. Todos los demas que existen en el centro se obtienen por medio de las piezas dobles de sujecion ó manguetas *i*, *i*, *i*. Llámanse á estas dobles porque constan de dos piezas colocadas una en frente de la otra en ambos lados de la cercha, las que se ensamblan á media madera en todas las piezas por donde atraviesan ó estan en contacto, y estas partes ensambladas se ajustan y aseguran con per-

nos y tuercas de hierro; por este medio, y haciendo los cortes de las muescas con la debida precision, se obtienen los mejores enlaces para dar tesura á las piezas rectas que aquellas intersectan. Mas el lugar que ocupan y su accion disienten enteramente del principio ya establecido, puesto que obran produciendo presion lateral en vez de la longitudinal, cuyo primer efecto debe siempre precaverse y evitarse. Cuando se construye un arco todo el peso de la mampostería descansa sobre la parte exterior de la cimbra que tiende á hundirse; esta tendencia se trasmite directamente de las manguetas ó piezas de sujecion á las vigas de la armadura superior y á las tornapuntas que sostienen á esta por debajo, lo que se verifica en las direcciones que pueden causar mayores daños, ó casi perpendicularmente en direccion longitudinal de estas piezas, ó en donde ejerce la mayor fuerza para poderlas doblar, lo que si llega á suceder desaparece toda la fuerza y la figura correcta de la cimbra. Sin embargo, se puede ocurrir á un medio bastante sencillo, por el que se dá mayor fuerza y resistencia á la armadura superior, y es en vez de acortar los extremos inferiores de las piezas de sujecion ó manguetas de modo que solo lleguen á descansar en las vigas, alargarlas y hacer que las dos del centro queden apoyadas en las ancas ó resaltos que tiene el pendolon á uno y otro lado. Pueden introducirse otras dos manguetas de modo que se extiendan al tirante principal hasta el punto de interseccion de la sopanda y tornapunta del centro, con lo que se obtiene un apoyo de gran efecto; y ademas otra intermedia que tambien se extiende hácia abajo, tratando de que quede apoyada en el tirante principal en el punto en donde esté mejor asegurado sobre la sopanda, y en este caso la armadura superior será de una fuerza extraordinaria.

No se logran las mismas ventajas en la parte inferior, porque no hay otro medio de dar tesura ó de sostener las tornapuntas para que puedan resistir á la presion lateral á que estan expuestas, que colocar vigas largas que alcancen de uno á otro extremo del arco, las que no solo obstruirian la navegacion, sino que serian muy largas para servir de apoyo eficaz, á menos que se embraguen para evitar que se doblen. Las dos tornapuntas diagonales de la parte inferior pueden no obstante reforzarse por medio de dos enlaces ó barras de hierro que vayan la una desde cerca de sus centros al extremo del tirante principal superior, y la otra á la tornapunta superior y molde del arco y próxima á su pié. Pero esta precaucion se hace rara vez necesaria, como se verá en el siguiente capítulo, porque

en un arco semicircular, los 30° de la parte inferior reciben muy poco peso del arco, y la presion de este solo se efectúa hácia su corona ó vértice; y en esta cimbra hay fuerza suficiente pasados los primeros 45°, ó al llegar al punto que ocupa la armadura superior, que es bastante sólida y firme. No se presenta esta cimbra como un modelo de perfeccion, sino solo para demostrar la naturaleza y accion de las cerchas, y á medida que se vaya adelantando en la materia se irá mostrando el modo de allanar las dificultades.

A fin de que la figura tenga la posible sencillez, y hacerla de este modo mas clara é inteligible, solo se manifiestan las manguetas en una mitad del arco, y en la otra no se representa mas que la armadura desnuda ó desembarazada; pero debe tenerse presente al construir una cimbra completa, que de las mismas piezas de que se compone un lado debe constar el otro, y que las dos mitades del semicírculo deben completarlo perfectamente. Tambien se advierte que al describir esta cimbra no se ha pretendido aplicarla solo á la construccion de arcos semicirculares, sino que igualmente sirve para arcos de menor número de grados ó semielípticos, con muy pocas modificaciones. Así, pues, para la formacion de un arco ó segmento de circunferencia tal como se ve en la figura, si se supone que el arco nace desde la línea de puntos *kk*, en lugar del diámetro, todo queda en este caso en el mismo estado menos las tornapuntas *de*, *df*, las que habria que colocar de modo que formaran ángulos agudos con el horizonte. Pero en ningun caso debe darse tanta inclinacion á estas que se las separe de la direccion recta de los pares, si se prolongan y corren sobre ellas. Para adaptar esta cimbra á un arco elíptico no hay otra alteracion que hacer que es dar al molde del arco la forma elíptica en vez de la circular que antes tenia. El pendolon viene á ser mas corto, y el tirante ó puente algo mas largo en los arcos semielípticos que en los circulares, y como que los pendolones largos son sumamente esenciales, pues que por su medio se evita que las vigas formen ángulos demasiado obtusos, se salva este inconveniente sin detrimento alguno colocando la llave mas baja de lo que está en el arco semicircular: hechas estas alteraciones todas las demas partes quedan en el mismo estado.

630. Se ha referido ya el modo de colocar los piés ó arranques de las cimbras en los zoquetes ó zapatas, y el órden de asegurar estas últimas á las camas ó soleras; mas no se ha dicho aun cómo se sujetan estas á su vez, puesto que en ellas estriba toda la estabilidad y firmeza de las mencionadas cimbras. En la figura que representa la cimbra de Mr. Pitot, se observará que esta aparece allí como que descansa por ambos extremos sobre capiteles formados debajo del arranque del arco, como se ve en la figura 138; mas esto no corresponderia con la práctica sino en la construccion de arcos pequeños y ligeros. Las molduras salientes solo sirven en las construcciones de mero adorno, y muy rara vez para dar fuerza y resistencia á las obras; por lo tanto, si confiadamente se colocan sobre ellas las cimbras, puede asegurarse que estas casi siempre derrumbarán aquellos adornos y no habria seguridad ni estabilidad. La firmeza en la colocacion de las soleras es, pues, objeto de suma importancia y requiere por lo tanto el cuidado y esmero del ingeniero; pues por muy buena y perfecta que sea una cimbra no sirve si no queda debidamente colocada. Para el efecto se clavan con frecuencia estacas entre los pilares todo lo mas cerca á ellos posible; mas esta práctica no produce buenos efectos, porque el peso de una gran cimbra con un arco sobre ella casi á medio concluir es tan enorme, que apenas debe confiarse en la resistencia del pilotaje. Las estacas pueden doblarse ó enterrarse mas de lo que se pensaba y la desunion es seguramente la consecuencia; á lo que se agrega, que con el hecho de clavar las estacas tan inmediatas á los cimientos de los estribos, estos se conmoverán y no hay por lo tanto que fiarse de su estabilidad ó permanencia futura. El medio mas seguro que debe adoptarse para sujetar y sostener las soleras es emplear gruesos postes verticales con riostras oblícuas, descansando los piés de aquellos en los resaltos ó retretas que siempre se dejan cerca de la base de los pilares de piedra ó de ladrillo, á las cuales se les dá mas ancho que el requerido ordinariamente, no debiendo clavarse mas estacas que las precisas para sostener las riostras que han de mantener los postes en sus posiciones verticales. De este modo el peso vertical no obra en modo alguno contra las estacas, las que pueden comparativamente ser débiles y clavarse de suerte que en nada perjudiquen los cimientos de los pilares. Todo el peso, pues, gravita sobre los mencionados postes y cimientos, y nada se alterará, á menos que estos no se hundan, lo cual, si llega á suceder, correria igual peligro toda la obra. Para aumentar la seguridad de las soleras ó lechos se hacen estos contínuos y enlazados en todo el ancho del arco, formando así una plataforma regular entretejida de uno al otro extremo, mientras que solo las camas de los sillares sobresalen de la superficie supe-

rior, á las que puede darse un piso ó allanarse para manejar las cuñas mas fácilmente. Sucede al contrario con las zapatas que no ván seguidas, ó las unas á continuacion de las otras, sino que se colocan separadamente una en cada pié de las cerchas que descansan sobre los zoquetes salientes del lecho de la plataforma, de modo que los obreros pueden con facilidad apretar ó aflojar las cuñas con martillos ligeros cuando la ocasion lo requiera, y en este órden ajustar las diferentes cerchas del centro con la mayor exactitud.

631. El gran trabajo y excesivos gastos que se originan en la construccion de una buena plataforma pueden juzgarse con mas propiedad si se recurre á la figura 140, que representa un bosquejo de la cimbra usada en la construccion del nuevo puente de Lóndres, dirigido por Mr. Rennie, segun parece, á principios del año de 1828. Cada arco estaba sostenido por nueve cerchas paralelas construidas del modo que se nota en la figura, colocadas á la distancia de 6½ piés una de otra, sostenidas por una armadura inferior que se extendia por ambos lados hasta un tercio del claro del arco, ademas de las tornapuntas; y el todo descansaba sobre un andamio formado de maderos cuadrados cruzados y sostenidos por estacas que se clavaron para este efecto.

632. Se ha hecho mencion de la cimbra de que se sirvió Miguel Angel para construir el cuerpo de la iglesia de San Pedro; y se verá, que los principios en que estaba fundada su forma son casi los mismos que los sentados por Mr. Pitot en la ya descrita, pero que es superior á esta, pues las piezas de que consta estan dispuestas con mucho tino, y las vigas de alguna importancia estan bien resguardadas contra todo impulso trasversal. El único defecto que en ella se encuentra es el de ser de una fuerza y resistencia innecesarias. Véase su disposicion general en la figura 141. Despues de lo dicho respecto á la cimbra de Pitot, no hay necesidad de hacer una descripcion particular de esta otra, y basta observar que aunque la de Pitot puede mentalmente descomponerse en dos partes, esta otra en realidad consta de dos construcciones distintas y separadas, pues la parte superior viene á ser una armadura regular de techo con su llave, completa y separada, que descansa en la parte superior plana de la armadura inferior, y estas dos armaduras no estan unidas ó enlazadas de modo alguno, y puede introducirse entre ambas una série de cuñas trasversales para bajar y aun retirar la armadura superior, sin alterar en nada la de abajo, lo que

á menudo produce muchas ventajas en la construccion de arcos de grandes dimensiones. Cualquiera conocerá que el polígono inferior *agihb* y su tirante ó viga de extension *gh*, son piezas supérfluas é inútiles en esta cimbra; porque si el pendolon llena debidamente el objeto á que se le destina, es imposible que la llave cimbre ó se pandee en el centro; y sus dos extremos estan igualmente bien sostenidos por las tornapuntas casi verticales *kk*, mientras que las partes intermedias lo estan por las mas inclinadas *l l*, que no pueden salirse fuera de sus respectivos lugares si estan bien ensambladas. El único daño que hay que temer es que los extremos *ab* se abran hácia fuera, pero esto está evitado empleando su propia fuerza, ya aplicándoles un apoyo exterior, ó bien introduciendo otra llave entre *a* y *b*. El polígono inferior no puede absolutamente impedir ó remediar el mal, porque si los puntos de apoyo se extienden, el referido polígono se abre y no sirve absolutamente de nada.

633. Descrita ya la forma y modo en que se disponen las cimbras de mas sencilla construccion, se pasará á describir otras de naturaleza mas complicada; pero antes de esto será útil hacer algunas observaciones referentes á los medios á que debe ocurrirse para determinar la fuerza y resistencia de las cimbras. La de Mr. Pitot (figura 139) es justamente la mas á propósito para servir de ejemplo en este caso, pues al describirla su autor da las dimensiones que han de llevar las maderas para la construccion de las cerchas de un arco de 65,6 piés de diámetro, suponiendo que el grueso del arco de piedra sea de 7 piés 8 pulgadas y que cada pié cúbico de esta pese 121,3 libras: segun este cálculo el peso de la piedra que gravita sobre cada cercha será de 697403 libras. El espesor del arco de piedra es sin embargo mayor que el que puede necesitar uno de tan poca cuerda, pues con la mitad ó con 3½ á 4 piés hay bastante, y por consiguiente puede hacerse la cercha mucho mas ligera, reduciendo las dimensiones que señala su autor. No obstante se continuará investigando bajo sus mismos datos.

634. Se ha advertido en otro lugar, que en los arcos semicirculares el peso de la piedra que forma los 30° mas abajo, á uno y otro lado del arco, gravita muy poco sobre la cimbra, porque las piedras mas bajas estan sobrepuestas de modo que se sostienen unas á otras, y cuando estas empiezan á declinar, el rozamiento que sufren sus juntas inclinadas impide que se resbalen hácia ade-

lante y compriman demasiado las cimbras. Por este motivo debe hacerse una deduccion considerable del peso de todo el arco de piedra, antes de determinar la presion que ha de ejercerse sobre la cercha, y segun el cálculo de Mr. Pitot esta disminucion es igual á $\frac{3}{14}$ del peso total: de consiguiente solo se provee para sostener 547959 libras de piedra, cuya suma es la $\frac{11}{14}$ parte restante del peso total.

Las dimensiones que aquel dá á las maderas, supuestas de roble, se expresan á continuacion:

El cerco exterior ó molde del arco, que consta de piezas separadas formadas de tablones de roble, sujetos con tornillos ó barrotes de hierro con rosca, es de 13 pulgadas de ancho y $6\frac{1}{2}$ de grueso.

El tirante principal AA tiene 13 pulgadas cuadradas.

La sopanda *h* tiene las mismas dimensiones.

Las tornapuntas inferiores 11 por $8\frac{3}{4}$ pulgadas.

El pendolon 13 por 13.

Las tornapuntas superiores 11 por $6\frac{1}{2}$.

Las piezas de sujecion 22 por $8\frac{3}{4}$.

Segun Mr. Pitot una pulgada cuadrada de roble sólido puede resistir 7100 libras; pero es bien sabido que esta resistencia es muy inferior á la que tiene el roble de buena calidad; y lo que probablemente querrá decir es, que este peso puede confiadamente colocarse sobre aquella porcion de madera y sobrellevarlo por cualquier espacio de tiempo. Mas para computar sin riesgo alguno, suponiendo que la madera no tenga la resistencia suficiente á causa de algunos nudos, grietas ú otras imperfecciones que afecten su fuerza, hace otra nueva deduccion, y calcula solo 5920 libras como peso absoluto que podrá resistir cada pulgada.

Segun se ha dicho, el peso que ha de sostener cada cercha es la $\frac{11}{14}$ de 697403 libras ó 547959 libras. Ahora bien; como los extremos inferiores del molde del arco quedan casi perpendiculares, y como que no pueden variar de posicion por impedírselo por un lado las demas piezas de que consta la cercha, y por el otro las piedras con que se forma el arco, contribuye todo á sostener el peso á razon de 5920 libras por cada pulgada cuadrada de superficie. La dimension de esta pieza es $13\times6\frac{1}{2}$ ó de 84,5 pulgadas cuadradas; y 84,5 pulgadas$\times$5920 libras dan 500240 libras, peso que puede resistir cada uno de los extremos de esta pieza. Y

suponiendo que las tornapuntas inferiores esten en direccion perpendicular á la presion, tambien sostendrán 567700 libras cada una. Las deducciones por la oblicuidad no son de gran importancia en el plan que se trata de seguir, y dejando esto por ahora, se dirá que la resistencia total es doble mayor que la fuerza del molde del arco ó 1000480 libras, porque tiene dos extremos; y como que hay cuatro tornapuntas inferiores, se tiene que agregar á esta cantidad $567760\times4=2271040$ libras para obtener toda la resistencia, que será de 3271520 libras para contrarestar 547959 libras, peso total, si este gravitase perpendicularmente sobre las piezas que lo resisten; mas no sucede así, y por lo tanto, hay que hacer mayores investigaciones para determinar el valor de las fuerzas oblícuas, para lo que se adopta el principio ya establecido, á saber: reducir estas fuerzas á un paralelógramo de lados proporcionados á aquellas, y de este modo obtener el resultado.

635. Para comparar el largo relativo de los lados del susodicho paralelógramo y su diagonal, es preciso servirse de la escala de partes iguales, por medio de la cual puede darse á dichos lados el largo en distancias proporcionadas á las fuerzas existentes, y medir el resultado por las mismas divisiones. Sobre esta escala pueden tomarse divisiones del tamaño que convenga y expresen 567760, y esta cantidad se fija á cada una de las tornapuntas inferiores para expresar su resistencia ó el peso que pueda sostener, lo que se supone efectuado por las líneas de puntos *at*, *as*; y como que el molde del arco contribuye á dar resistencia á la tornapunta exterior hasta la cantidad de 500240 libras, hay que fijar esta otra cantidad á continuacion de la línea recta exterior como desde *t* á *e*, que formará todo el largo de un lado *ae* del paralelógramo, mientras que el otro lado será *as*. Ahora bien, puede completarse el referido paralelógramo, si se trazan dos líneas de iguales largos *sx* y *ex* paralelas á las opuestas á ellas, y tirando luego la diagonal *ax*, su largo expresará las fuerzas reunidas de todas las piezas, siempre que la presion se ejerza en direccion de la línea *ax*. Mas esto no sucede así, porque las piedras obran en el sentido de la gravedad y el máximo de esta fuerza será en la direccion perpendicular al horizonte y no en la oblícua de *ax*. Por esto se baja la perpendicular *xy* al horizonte desde el punto *x*, de modo que cortará á la horizontal *ab* en el punto *c'*; tómese luego la distancia *ac'* y fíjese en la línea horizontal en *b*, de modo que $ac'=c'b$.

★

Desde el punto b tírese una línea recta paralela á ax y de igual largo, que cortará la perpendicular en y; únanse x, b con la xb y tírese una línea aw paralela á esta, con lo cual se forma el gran paralelógramo $axby$, del cual la línea $xc'y$ es una vertical diagonal, y el largo proporcional de esta diagonal expresará la fuerza de la cercha; pues que uno de sus lados ax expresa la fuerza ó resistencia de una parte, y hay que hacer la misma operacion para la otra, y se verificará esto tirando la línea xb, que representará la fuerza por aquel lado; por consiguiente las líneas ax, xb, son los lados dados del paralelógramo, y la suma que dén expresará la fuerza ó resistencia que ejercen en sus direcciones oblícuas; y si se lleva la diagonal xy hasta el punto en donde se unen, se reducirá la suma de las dos presiones oblícuas á una perpendicular ó á un solo resultado, y el largo proporcionado de xy que apareciere en la escala, expresará la fuerza total existente que ha de sostener el peso. El largo que aparecerá por la escala será igual á 2809240 libras, y como que el peso total, aun cuando no se reduzca como antes se dijo á las $\frac{11}{14}$ partes, no es sino de 697403 libras, se ve que las dimensiones de las maderas segun Mr. Pitot son excesivas, porque sus cerchas tienen una fuerza mas de cuatro veces mayor de la que les bastaba para sostener el peso, pues 697403 multiplicado por 4 producen 2789612 libras. No obstante debe observarse, que en los cálculos precedentes solo se ha tomado en cuenta el peso de la piedra, sin incluir el del enlace superior de la cercha ó del enlistonado que es considerable en un arco de 60 piés de cuerda; tampoco se ha contado con el de los obreros, el de las herramientas y materiales, como asímismo no se ha hecho concesion alguna por las concusiones que pueden ocurrir mientras se construye la obra; todo lo cual gravita sobre las cimbras, que por este motivo deben ser algo mas fuertes de lo que sin este aumento se juzgaria necesario.

636. Pues que las investigaciones precedentes se refieren solo á la fuerza de las tornapuntas inferiores que sostienen la parte superior de la cercha, junta con la obra que sobre ella se acomoda, debe hacerse igual exámen con respecto á la armadura superior, á la cual por su semejanza con la forma general dada á los techos, puede aplicarse los mismos principios que con referencia á aquellos se han establecido, con solo la diferencia de que debe hacerse cuenta con la fuerza de la madera de que se forma el molde del arco, pues que este dato no existe en los susodichos techos. Hé

aquí el modo de efectuarlo. La fuerza de cada tornapunta es de 425000 y la de la curva de 500240; así pues, tírense dos líneas desde la parte superior del centro del pendolon; la primera mv paralela á la tornapunta inferior c, y sea su largo igual á 425000, y la segunda sobre la tornapunta superior, y sea su largo ms igual á 425000 + 500240 ó 925240: complétese el paralelógramo $msrv$, y tírese la línea horizontal rk desde el punto mas abajo del susodicho paralelógramo, hasta encontrar la línea vertical mq en k, y hágase kq igual á km. Segun el órden establecido en la parte inferior, es claro que mq será la medida ó cantidad del peso que puede resistir la parte superior, y este será igual á 1143000. Esta es una fuerza mucho mayor de la que en realidad se requiere, pero no es tan desproporcionada como la de la parte inferior, no obstante hallarse la mayor porcion del peso en la parte superior. La causa de que exista esta gran diferencia de fuerza entre ambas partes, proviene de la mucha oblicuidad de las tornapuntas superiores que acorta la diagonal mq del paralelógramo de fuerzas, lo que manifiesta lo errado que anduvo Mr. Pitot al dar á sus tornapuntas superiores menos grueso que á las inferiores, cuando en la realidad aquellas deben ser mas reforzadas.

La fuerza del tirante AA no se ha calculado, pero se gradúa por rk cuando mq es el peso que gravita sobre la parte superior. La sexta parte de la coherencia del tirante es mas que suficiente para contrarestar el impulso ó empuje horizontal; en lo que no hay dificultad alguna, siempre que se hagan las juntas hácia los extremos inferiores de las tornapuntas bastante fuertes y firmes para este efecto. Segun el órden precedente de computar, se verá que no se obtienen las fuerzas que se ejercen en cada pieza en particular, sino el peso que gravita sobre el todo, suponiendo que cada una de las piezas se somete á una fuerza proporcionada á su resistencia. El otro cálculo es mucho mas complicado, y no es de necesidad en este lugar. El precedente es adaptable á la construccion de otras diferentes clases de cimbras.

637. Cuando en la construccion de las cimbras no se aplican los principios adaptados á la formacion de los techos, se recurre generalmente á los polígonos ó tornapuntas opuestas ó encontradas. La cimbra de que se sirvió Hupeau en la construccion del puente de Orleans, representada en la figura 138, se compone de 13 polígonos. Mas los lados interiores y exteriores del polígono son casi paralelos unos á otros, y los extremos de estos lados terminan

unos sobre otros, en líneas que radian aproximadamente desde el centro del arco. Perronet, célebre arquitecto é ingeniero francés, adoptó este método de construir, y edificó muchos de los puentes mas hermosos de Francia, empleando en ellos esta clase de cimbras; mas en vez de disponer los polígonos adyacentes casi paralelos, arregló de tal modo las maderas, que los ángulos de un polígono venian á quedar en contacto con los centros de los lados del inmediato, y de estos empleaba tres á lo menos. El órden en que estaban dispuestas las piezas se comprenderá mejor si se recurre á la figura 142, la que se ofrece como muestra de este órden de construir, y no como copia de una cercha que haya servido para obra alguna particular. En casi todos los ejemplos de las cimbras construidas por Perronet, las partes interiores y exteriores de los polígonos, estan enteramente ó casi en contacto hácia los arranques ó por sus extremos opuestos, lo que facilita sostener la cimbra mientras se está haciendo uso de ella, pero que en nada aumenta su fuerza. En la figura que se cita, los lados del polígono exterior se forman de las piezas *ab*, *bc*, *cd*, y los interiores por otras piezas *he*, *ef*, *fg*, y *gl*, de modo que los ángulos *e*, *f*, *g* del segundo polígono estan en contacto en el medio de los lados del exterior, el cual sostiene el molde del arco acuñado del modo ya referido: *hikl* forma el tercer polígono dentro de los otros, pero paralelo al anterior, y sus ángulos estan asimismo en contacto con los centros de los lados del de en medio. En esta construccion, se colocan pendolones en los ángulos de los polígonos y en direcciones normales á la curva: los pendolones se componen de dos piezas colocadas una á cada lado de la armadura abrazando las vigas, y se encuentran ó juntan á la mitad de su grueso como mordazas. Las vigas encontradas se ensamblan á media madera en cada mitad del pendolon, y cuando este intersecta en el medio á una viga, se introduce esta por el centro de aquel, en donde se afianza con tornillos ó barrotes, ó acuñan con claves de hierro. En este mismo órden se unen las demas piezas, y es de esperar que cuando se coloque el peso sobre la armadura superior, quedarán bien ajustadas, pues aquel impulsará hácia abajo el pendolon, y este á las vigas de la armadura inferior, que acabarán de afirmarse y aguantarán parte del peso.

638. El puente de Cravant fue construido por Perronet con esta clase de cimbras. Los arcos eran elípticos, de 66 piés de cuerda y 22 de elevacion. La sillería del arco de $4\frac{1}{2}$ piés de grueso, y

cada pié cúbico pesaba $173\frac{1}{2}$ libras. Las vigas de la armadura tenian de 16 á 20 piés de largo cada una, y su seccion de 10 por 9 pulgadas. Los pendolones de $7\frac{3}{4}$ piés de largo próximamente, y la seccion de cada mitad de 10 por $8\frac{3}{4}$ pulgadas. La madera era toda de roble, y se emplearon cinco cerchas en cada arco colocadas á la distancia de 6 piés una de otra. El peso de un arco entero era de 12276 quintales; 2455 aproximadamente por cada cercha, y muy cerca de 1900 que gravitaban realmente sobre cada una. Examinando esta cimbra por el método ya indicado (§. 685 y 686), se verá que es de la fuerza competente para sostener un peso mucho mayor que el que sobre ella se cargó.

639. El puente de Neuilly, en las inmediaciones de Paris, es tambien obra de Perronet, y en él se empleó la misma clase de cimbras. Mas como los arcos eran mayores, pues tenian 140 piés de cuerda y 35 de elevacion (nota 113), se emplearon 4 polígonos de vigas embragadas. El arco de piedra era de 70 pulgadas de espesor, y las cerchas se colocaron á la distancia de $6\frac{1}{2}$ piés unas de otras. Las dimensiones de las tornapuntas ó vigas embragadas eran de $18\frac{1}{2}$ por $15\frac{1}{3}$ pulgadas; cada una de las mitades de que se componia el pendolon de $16\frac{1}{2}$ pulgadas por 10, y las cerchas iban enlazadas ó unidas por 5 vigas divididas en dos piezas horizontales que se extendian desde una á otra cercha, siendo cada pieza ó mitad de $16\frac{1}{2}$ por 10 pulgadas y 8 vigas enterizas de 10 pulgadas cuadradas cada una: el peso absoluto de la piedra era de 770 quintales por cada cercha. El puente se construyó sobre esta cimbra, la cual era bastante fuerte para sostener el peso, pero de muy poca tesura, pues que hizo un descenso de mas de 14 pulgadas antes de colocarse las claves; y mientras duró la obra, la parte superior ascendia y descendia en diferentes grados á medida que se cargaba. Esta falta de tesura provino de la mala disposicion de cuatro polígonos colocados tan inmediatos unos de otros, que estaban casi paralelos ó formaban entre sí y con los pendolones ángulos muy obtusos. La cimbra, pues, hubiera quedado mas fuerte empleando en ella menos piezas y formando estas ángulos mas agudos.

640. Se dará fin á estas observaciones referentes al ramo de carpintería, describiendo la cimbra que ideó y empleó Mr. Mylne en la construccion del puente de Black-friars en Lóndres, el cual se considera en esta clase de trabajo como el mejor y mas fuerte. Consta de una tercera parte mas de madera que la empleada por Mr. Perronet en la construccion de la suya, mas es sin disputa

alguna mucho mas fuerte. El principio fundamental que se observa en la construccion de esta cimbra, es que todas las partes de que consta el arco han de ir sostenidas por una armadura sencilla de dos piernas, cada una de las cuales deberá apoyarse en un pilar. Este principio está ilustrado en la figura 143, en la que *a* y *b* son las zapatas del molde del arco semicircular *adceb*. En todas partes consta la armadura de dos vigas rectas cuyos extremos inferiores se apoyan sobre las zapatas, miéntras que los superiores ván á encontrarse ó quedan al tope en el molde del arco. Así, pues, *acb* representa una armadura que sostiene la parte superior del arco en el punto *c*; *adb* es otra que atraviesa á la primera y sostiene el punto *d*; *aeb* una tercera que semejantemente sostiene el punto *e*; estas armaduras se multiplican segun lo requiera el caso. En lo único que se desvió Mr. Mylne de este plan al tiempo de construir el puente, fue que en vez de hacer que los puntales procediesen todos de un mismo lugar aproximadamente ó se apoyasen en una zapata pequeña (como lo verificó Mr. Perronet en la mayor parte de sus cerchas), adoptó una zapata prolongada ó corrida que se extendia desde *h* á *g*, como se nota en la figura 144 que representa la elevacion de una cercha ya concluida y colocada en su lugar. Por este medio logró Mr. Mylne que la presion de mayor consecuencia ó que mas daño pudiera causar, tal como la que se ejerce en la parte superior del arco antes de colocar las claves, se trasfiriese casi toda á los cimientos ó partes inferiores de los pilares, impidiendo así que en ningun tiempo pudiesen salirse lateralmente fuera de sus lugares, cuyo accidente es el peor y mas peligroso que puede ocurrir mientras se está construyendo un puente. La otra variacion que hizo fue emplear tirantes ó vigas de extension, á las que él llamó *albitanas*, colocándolas entre los extremos superiores de las vigas en vez de poner estas al tope. Las albitanas sirvieron para un objeto importante, pues que prestaron á los puntales mayor apoyo del que pudo de otro modo haberse obtenido, y al mismo tiempo hacian que los ángulos encontrados fuesen mas agudos de lo que hubieran sido en otras circunstancias, con lo que se aumentaba la resistencia de la cercha; y como que dichas albitanas iban colocadas inmediatamente debajo del molde del arco, al cual se afianzaban con barrotes, daban por consiguiente á este mayor fuerza y tesura de la que de ninguna otra manera se hubiera logrado darle.

641. El arco mayor ó del centro del expresado puente tiene

109½ piés de cuerda, y sus arcos son casi semicirculares, pues se elevan á la altura de 47 piés. Los maderos que sirvieron de puntales eran de 13 pulgadas cuadradas, y como que en muchas partes no habia facilidad de proporcionarse dichos maderos en una sola pieza ó enterizos, se juntaron y pusieron al tope, asegurando dichas juntas por medio de los pendolones dobles *gh* que las abrazaban, haciendo en ellos los necesarios rebajos para ensamblar las piezas que los intersectaban, y en donde todo se afianzaba con pernos de hierro. En estas cerchas es tal el enlace de las maderas ó se cruzan con tanta frecuencia, que se hace preciso ensamblarlas unas en otras, lo que debió haberlas debilitado considerablemente, y aun expuesto á partirse con las fuerzas trasversales si hubiera sido posible que las cimbras variasen de forma; pero se precavió este cambio con la gran anchura que se dió á las armaduras, de suerte que no se notó descenso ó alteracion alguna mientras duró la fábrica, no obstante tener la silleria del arco mas de 6 piés de espesor. Para cerciorarse de este hecho se marcaron en línea recta tres puntos distintos en las cimbras que se inspeccionaban diariamente, y todo el descenso que hizo la parte superior antes de colocarse la clave no llegó á 1 pulgada.

642. Una de las particularidades de la cimbra está en su base, y en el órden que se adoptó para mantenerla en su lugar, y bajarla para en seguida retirarla. Mr. Mylne tuvo la precaucion de construir malecones de mucha capacidad para levantar los pilares y hacer que sus bases fuesen el duplo ó doble mayores que la parte que habia de quedar fuera del agua, y despues de formar los lados de dichas bases perpendiculares hasta quedar al nivel del fondo del rio, hizo luego que disminuyesen progresivamente formando resaltos ó retretas que se dejaban en cada hilada, de modo que se produjese aproximadamente un arco inverso, como se ve en la figura 144. Esto le facilitó los medios de proporcionar apoyos á las partes inferiores de cinco puntales *ccd* sobre los que se formó la plataforma inclinada *a*, que sostenia los asientos ó lechos de buen roble colocados debajo de los extremos de cada una de las cerchas de la cimbra. En las superficies superiores de estos asientos se formó una série de planos inclinados, con la figura de un ensamblado de dientes de sierra; asimismo se hicieron cortes de igual forma en la parte inferior de las zapatas, del modo que se ve entre *f* y *e*, y las caras del ensamblado se cubrieron con planchas lisas y gruesas de cobre. Entre estas piezas se introdujo

la cuña de apear *ef*, (que en la figura está de negro) compuesta de una série de cuñas que sobresalian unas á las otras, pero todas en una sola pieza, hecha de una viga gruesa y fuerte de roble, cuyo mango saliente ó cabo *e* iba rodeado de un aro de hierro para impedir se abriese ó astillase. La forma de estas cuñas correspondia exactamente con la figura de los planos inclinados que se cortaron en el lecho y en la zapata. Colocáronse las cuñas de apear de modo que mantenian separadas las zapatas de los lechos á la mayor distancia posible; pero introduciendo aquellas por medio de golpes aplicados en *e*, se hacian aproximar, y por este medio se desprendia la cercha suave y pausadamente de la parte inferior del arco, sin perder en ningun tiempo parte alguna de la fuerza que la sostenia, que es el objeto á que debe aspirarse al principiar á retirar una cercha de gran tamaño. Se colocó un trozo de madera sólida por detras de la cuña en *f* para impedir que se deslizara hácia adentro, impulsada por la presion del arco. Cuando habia que sacar las cuñas despues de concluido el arco, se retiraban estos trozos, y seguidamente se procedian á extraerlas, lo que se verificaba por medio de una viga pesada de roble, cubierta por un extremo con una chapa de hierro, y suspendida en el aire por medio de cadenas que alcanzaban desde las vigas inferiores de la cercha hasta el centro de esta, de modo que pudiera servirse de ella de la manera en que lo verificaban los antiguos con el ariete. Pocos golpes dados con aquella pieza, bastaban para producir el efecto deseado; pues la cuña se retiraba y en pocos minutos se lograba bajar la cimbra. Las referidas cuñas han de extraerse simultáneamente; porque si una cercha se deja acuñada mientras se bajan las demás, se alteraría la figura del arco ó se romperian las cerchas restantes. Se temió que los pequeños espacios en donde se introducian las cuñas, y por los que se facilitaba el ascenso ó descenso de las cimbras, careciesen de la amplitud suficiente para dar lugar al aumento de la obra, y que por consiguiente dichas cimbras no podrian separarse del arco; pero Mr. Mylne distaba mucho de temer semejante ocurrencia, y no solo estaba satisfecho de la bondad de su cimbra sino tambien de la perfeccion de la mano de obra de los arcos. En esto no se equivocó, pues el descenso que hicieron los arcos despues de su asiento no excedió de $1\frac{1}{3}$ pulgadas, mientras que los de Perronet construidos con sus cimbras poligonales hicieron un descenso de 6 hasta $25\frac{1}{2}$ pulgadas, ocurriendo esto último en el puente de Neuilly.

643. En la construccion del puente de Waterloo en Lóndres, llevada á efecto por Mr. Rennie entre los años 1811 y 1817, se adoptaron los principios de las cimbras que sirvieron para el Black-friars, á las que se hicieron algunas leves alteraciones, tales como las puramente precisas para adaptarlas á la figura elíptica de un arco de $131\frac{1}{4}$ piés de cuerda, y con respecto á lo demás, siguió el mismo órden de colocar y retirar las cuñas, como asimismo el de sostener los lechos y zapatas, todo con los mejores resultados.

En la construccion del puente de Westminster por los años de 1739 y 1750 se adoptaron casi los mismos principios por Mister Lubelye; mas la cimbra de este, de ningun modo era tan perfecta ni tan consistente como la de Mr. Mylne, pues en aquella, solo un par sencillo de puntales se apoyan en las zapatas y ván á juntarse en el arco. Los demás puntales que parten de las zapatas, siguen en línea recta hasta encontrarse en el molde del arco, y de este punto trasfieren la presion al segundo puntal colocado casi en ángulo recto con el primero, terminando por su otro extremo en alguna parte del molde del arco en donde no existe solidez alguna que pueda resistirle. Las cerchas son dos polígonos paralelos de madera, colocados á la distancia de 13 piés, próximamente uno de otro, presentando cinco lados al arco, á los que se dá tesura por medio de los ya mencionados puntales, que se mantienen sujetos en sus respectivos lugares por ocho pendolones dobles asegurados con barrotes. Estas cerchas llevaban zapatas de todo su ancho que descansaban en un lecho formando plataforma, en donde iban los asientos de aquellos; y estos y las zapatas se mantenian separados á cierta distancia por medio de cuñas distintas que se introducian entre ambos trasversalmente pero con extremos largos y salientes, á los que aplicándose golpes se lograba aflojar, bajando de este modo la cimbra. Las plataformas de los lechos estaban á nivel y sostenidas en parte, por medio de puntales perpendiculares que procedian de los resaltos ó retretas de los pilares, y en parte con largas estacas expresamente clavadas para el efecto.

644. La exactitud y perfeccion de la mano de obra tan necesarias en la construccion de las cimbras de gran tamaño, hacen sea precisa y de absoluta necesidad la formacion de un piso ó plataforma de la solidez y firmeza competentes, que expresamente sirva para aquel objeto. Fórmase la plataforma perfectamente bien nivelada, para lo cual se hincan postes cortos en tierra, y sobre ellos se colocan cuartones y vigas que despues se cubren con un forro

de tablones de 2 pulgadas de grueso, cuya superficie superior se acepilla y alisa perfectamente. Sobre esta plataforma se trazan exacta y escrupulosamente las piezas de que deban constar las cerchas; lo que se verifica valiéndose para ello, bien de pintura negra preparada con aceite, ó bien esculpiendo ligeramente en la madera la forma y tamaño que hayan de llevar las diferentes piezas; por consiguiente la plataforma ha de ser algo mayor que la cercha que deba construirse en ella y á la vez, de tal fuerza y resistencia que no cimbre ó pierda en lo mas mínimo su nivel por pesados que sean los maderos que sobre ella se coloquen. Las piezas pueden labrarse fuera de la plataforma ó en un lugar inmediato á ella; pero una vez concluidas se llevan y disponen sobre ella, requiriéndolas ó aplicándolas antes á los trazos que se han ejecutado para ver si concuerdan estos perfectamente con aquellos. Esta plataforma parecerá costosa; pero no debe perdonarse gasto alguno para construir una cimbra con toda la perfeccion posible, y una vez concluidas las cerchas, las maderas principales de dicha plataforma pueden aplicarse al enlistonado de aquella, puesto que en las cimbras de gran tamaño el enlistonado se forma siempre de maderas cuadradas en lugar de tablones colocados en el centro y por debajo de cada hilada de piedra.

645. Siguiendo el plan préviamente adoptado, se concluirá la parte de carpintería haciendo algunas observaciones sobre el modo de medir y valuar las obras pertenecientes á este ramo.

El método es muy sencillo, y se funda en los principios ya establecidos en varios lugares de esta obra; pero el modo de verificar las medidas en las obras ensambladas, aunque mas sencillo en cuanto á que en estas no está comprendida cosa alguna fuera de la medida lineal y superficial, parece no obstante, mas intrincado por la gran variedad de términos técnicos de que hace uso el ensamblador para expresar la figura de las cosas y la clase de obras ejecutadas. Generalmente todas las puertas, marcos de ventanas ó vidrieras, postigos, suelos ó pisos de madera, escalones &c. con sus arquitraves, bases, sofitos ó cualquier otro trabajo perteneciente al arte de ensamblador, se mide por el plano que presenta su superficie, y se carga un tanto por cada pié cuadrado, arreglando el precio al mérito é intrincado de la obra, en lo cual se emplea mas ó menos tiempo. Si la obra lleva muchas molduras, y no hubiese acuerdo en el precio que se le pusiese arreglado á medida superficial incluyendo el todo, se acostumbra en este caso apreciarla

del modo siguiente: se mide la superficie como si fuese plana ú obra lisa y se valúa arreglándose á los precios corrientes; despues se valúan las molduras ó adornos á un tanto por pié (medida corrida), segun su largo. El precio por pié superficial de obra fina de ensamblado, se gradúa por la porcion de esta clase de obra que un buen oficial bien abastecido ó provisto de todos los elementos puede hacer en una hora, un dia, ó en cualquier tiempo determinado; y al calcular el precio ó valor de aquella solo se aprecia la mano de obra, excluyendo el valor del material ó *avíos* que en ella se haya empleado. A esto llaman *valor de la obra de mano.* Pero cuando el ensamblador proporciona el material, se agrega entonces el valor de este al de la mano de obra, y en este caso se dice *valor de la mano de obra y materiales.*

646. La obra de carpintería se ajusta de distinto modo: *poniendo todos los materiales y el trabajo*; *el trabajo y los clavos*, ó *solo la mano de obra.* Por el primer ajuste, se compromete el operario á poner las maderas, labrarlas, y hacer en ellas toda la obra que estas requieran; asimismo proporcionar otros artículos necesarios, tales como cola, clavos, tornillos &c. para armar y clavar la obra; pero no entran en cuenta las cerraduras, cerrojos, bisagras y demás herrajes, pues estos se cargan en otra cuenta separada segun su número y valor. Por el segundo ajuste, corre por cuenta del dueño de la fábrica facilitar toda la madera y demás materiales, á excepcion de los clavos; quedando obligado el operario á levantar la obra y proporcionar los clavos, espigones y cabillas necesarias y nada mas: por el tercero, queda al cuidado del dueño proporcionarlo todo, poniendo el obrero su trabajo solamente.

647. El primer ajuste se celebra generalmente cuando la obra es de tan poca importancia que no merezca la pena que el dueño se tome la molestia de proporcionar los materiales, y con tanta mayor razon cuanto es fácil que este compre mayor ó menor porcion de la necesaria, y que el carpintero tiene su pequeño repuesto para estos casos.

648. El segundo es al que siempre se recurre en Inglaterra en todas las obras ejecutadas por contrata. Nació esta costumbre del descuido y abandono con que los obreros miraban los clavos cuando ellos no los compraban por su cuenta. En los casos en que los dueños tienen que facilitarlos, se ven estos con frecuencia regados y confundidos con las cepilladuras, con las que se arrollan y arrojan en tanta abundancia, que con ellos se pudiera completar la

obra; mientras que si se hace el segundo ajuste, apenas se vé ni un solo clavo por tierra. Ademas, los clavos tienen buena venta en Lóndres, lo que induce con frecuencia á hurtos de este artículo, cometidos por los mismos obréros, cuando no se tiene el mayor cuidado con ellos.

649. En todas las grandes ciudades de los Estados Unidos se adoptan los dos primeros modos, igualmente que en Inglaterra; mas no se ha desterrado la práctica de proporcionar los materiales el dueño de fábrica, sin embargo de ser esta costumbre ruinosa, pues rara vez sucede que aquel tenga la inteligencia y conocimiento necesarios para elegir un material bueno y á su justo precio, ni tampoco podrá calcular la porcion que de él se necesite para concluir la obra. Así es que con frecuencia se ve, despues de concluida una fábrica, un sobrante considerable de madera y otros materiales, ó viceversa, se nota la falta de algunos artículos, lo que obliga al obrero á sustituir unas dimensiones con otras, ó una clase de material bueno por otro de inferior calidad, todo lo cual casi imposibilita la buena ejecucion de la obra.

650. Toda obra de carpintería ejecutada bajo alguna de las referidas condiciones se valúa y mide por medida superficial, la que se toma por los llamados *cuadrados*, es decir, 100 piés superficiales ó por el pié sencillo. Así pues, todos los suelos sin forrar, los techos y divisiones (529), se computan por cuadrados y $\frac{1}{100}$ de un cuadrado, como medida superficial; y se dice que valen cierta cantidad determinada por el cuadrado, segun la distancia que hubiere de una á otra viga, vigueta ó poste, especificando si van escopleados ó simplemente empalmados en otras vigas, cuartones &c. Si un carpintero forra una division con tablas traslapadas ó entabla un suelo con tabla ó alfagías, aun en este caso se valúa y mide la obra por el número de cuadrados. Así, pues, el cuadrado de obra vale cierta cantidad cuando solo se ha puesto el trabajo; pero si el obrero pone tambien los clavos, entonces se agrega el valor de los que de estos hayan de emplearse en un cuadrado. Cuando la obra es pequeña y curiosa se mide por piés superficiales en vez de cuadrados, mientras que los tableros y otras piezas que pertenecen mas bien al ensamblado que á la carpintería, se miden y aprecian por el pié lineal. Se ve, pues, que la medida de las obras de carpintería, cuando se ejecutan poniendo el trabajo solo, ó este y los clavos, es operacion bien sencilla; mas cuando el obrero pone todos los materiales, entonces hay que ejecutar la operacion en todas sus partes, y que agregar el valor de los materiales, lo cual hace mas complicada la operacion, pues no solo habrá que medir la superficie en general, sino que tambien debe ejecutarse la misma operacion con cada pieza en particular y sentar tres dimensiones, á saber, el largo, el ancho y el grueso, para determinar su medida cúbica. Tambien debe especificarse en el libro de medidas la clase de madera empleada, si la obra consta de varias especies y de diferentes precios por pié cúbico. El libro de medidas del carpintero se raya y arregla del mismo modo que el del albañil (véase §. 492), y las columnas están igualmente dispuestas para el mismo objeto, es decir, la primera de la izquierda sirve para los coeficientes cuando con frecuencia hay que hacer mencion de piezas de un mismo tamaño, como sucede con las vigas y alfardas. La segunda para asentar las dimensiones segun se fueren obteniendo; mas estas siempre se asientan en tres líneas ó cantidades en vez de dos, en esta forma: el grueso ocupa la línea superior; el ancho la segunda, y el largo la tercera; porque para cubicar la madera se multiplican el grueso y el ancho uno por otro y su producto por el largo. La tercera columna se deja en blanco para colocar las cantidades cúbicas despues de computadas en casa, y por supuesto esta cantidad se multiplica por el coeficiente si existe alguno. La cuarta columna se llena especificando en ella la calidad de la madera, si de roble, pino &c., y el destino que tiene en la obra, como alfardas, vigas ó umbrales &c. En este libro de dimensiones, no solo se sientan las partidas por completo, sino que se ponen tambien separadas (véase §. 495), para que segun las calidades de las maderas ó clase de obra que llevan, si es necesario, se vuelvan á reunir cuando las cantidades totales se asienten en sumas separadas frente á las que se coloca el precio que á cada una corresponde. La tabla inserta en el párrafo 120 puede servir en muchos casos para reducir estos cálculos á valores.

651. Las estacas ó pilotes para cimientos se valúan á tanto por pieza ó por medida cúbica; y si en el ajuste se incluye su colocacion, se estiman por pié corriente atendiendo á su largo, tamaño y á la naturaleza del terreno. Las cerchas para construccion de arcos tambien suelen formarse y valuarse por medida cuadrada; pero generalmente el ingeniero considera esta clase de obra de naturaleza muy delicada para confiarlas á contratistas, y prefiere hacerlas por jornales empleando en ellas los mejores artesanos. Las soleras, umbrales y maderas de enlace ó de sujecion, se miden por

piés cúbicos bajo la denominacion de enlaces de abeto ó roble.

652. Todas las maderas de que constan los pisos sin entablar, cielos rasos y cimientos, han de medirse en presencia de las partes contratantes en el momento de colocarse, pues que suelen ocurrir disputas en averiguacion del tamaño y calidad de las referidas maderas despues de clavadas en tierra, ó de haberse estas cubierto con la tabla, ó el yeso, y estas diferencias no podrian arreglarse sino deshaciendo parte del trabajo hecho, con lo cual ocurriria pérdida de tiempo, de numerario, y otros inconvenientes.

653. Al tiempo de medir la madera acepillada ó labrada, se sienta el tamaño que antes de labrarla tenia; observándose el mismo órden con las piezas á que se hayan formado espigas ó cortes, las que se miden de un extremo á otro, puesto que eran del mismo grueso que el palo ó madero antes de cortarse; y despues de sentadas todas las dimensiones netas de las maderas de que consta una obra regular, se agrega generalmente una vigésima parte de la porcion tosca, en compensacion del desperdicio que inevitablemente ocurre, tal como el rebajo que se hace á las cabezas de los tablones, tablas ó palos, bien por estar sentidos ó abiertos, ó por encontrarse inservibles por otras causas y que por lo tanto se cortan; lo mismo sucede con los lados de las tablas y otras muchas piezas. Mas esta compensacion no cubre suficientemente el desperdicio que ocurre en las obras curvas ó circulares, y de este número son las cerchas ó moldes del arco de las cimbras y de las curvas para la construccion de pozos; pues aunque estas llevan la figura circular, se forman no obstante de maderas rectas, y como los recortes quedan con el hilo atravesado, son por lo tanto inútiles: así es que dichas piezas se valúan haciendo cuenta con los retazos ó desperdicios, en vez de verificarlo solo con la porcion neta que existe en la curva de que se hace uso.

654. Es costumbre que los carpinteros y ensambladores ambulantes, ó que viajan de uno á otro lugar, lleven consigo las herramientas de su uso, por lo que reciben una gratificacion á mas del jornal que les corresponde; pero los dueños de fábricas están en el caso de proporcionarles el banco, y una piedra de vuelta para afilar la herramienta, como asimismo los utensilios necesarios para las operaciones extraordinarias.

TABLA ANALITICA

de las materias contenidas en este primer tomo, por el órden de los capítulos.

CAPITULO I.

MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Seccion I. = *De las piedras y ladrillos.*

Páginas.

Páginas.

SECCION II.—*De la cal y de las mezclas.*

SECCION III.—*De la madera de construccion.*

SECCION IV.—*Del hierro y otros metales.*

CAPITULO II.

DE LA DURACION Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.

SECCION I.—*De la duracion de los materiales.*

Páginas.

Seccion II. = *De la fuerza absoluta de los materiales.*

Páginas.

Seccion III. — *De la fuerza relativa de los materiales.*

Páginas.

CAPITULO III.

DE LA CONSTRUCCION O ARTE DE FABRICAR.

SECCION I.—*De las obras de piedra.*

Páginas.

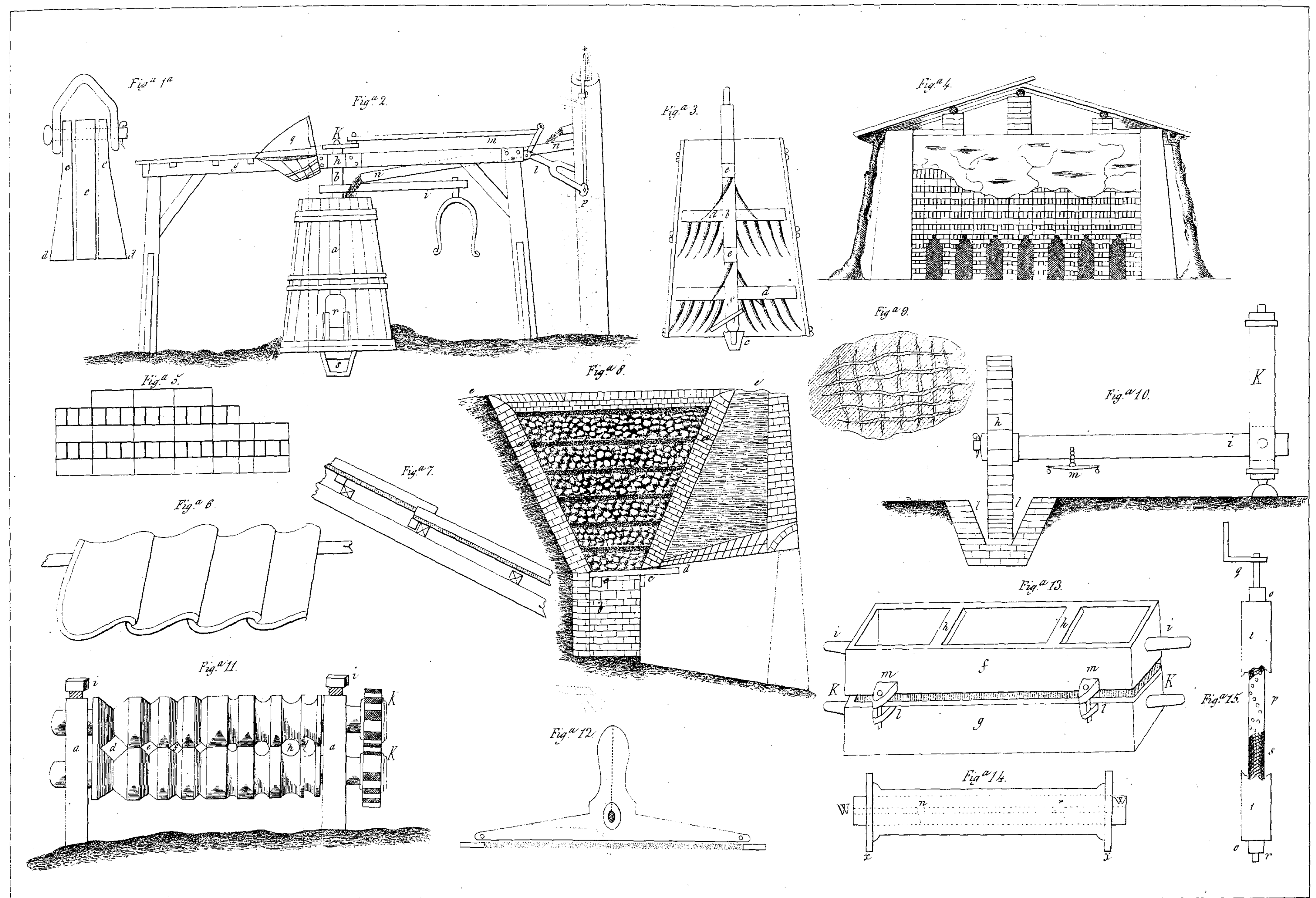
SECCION II.—*De las obras de ladrillo.*

SECCION III.—*De la carpintería.*

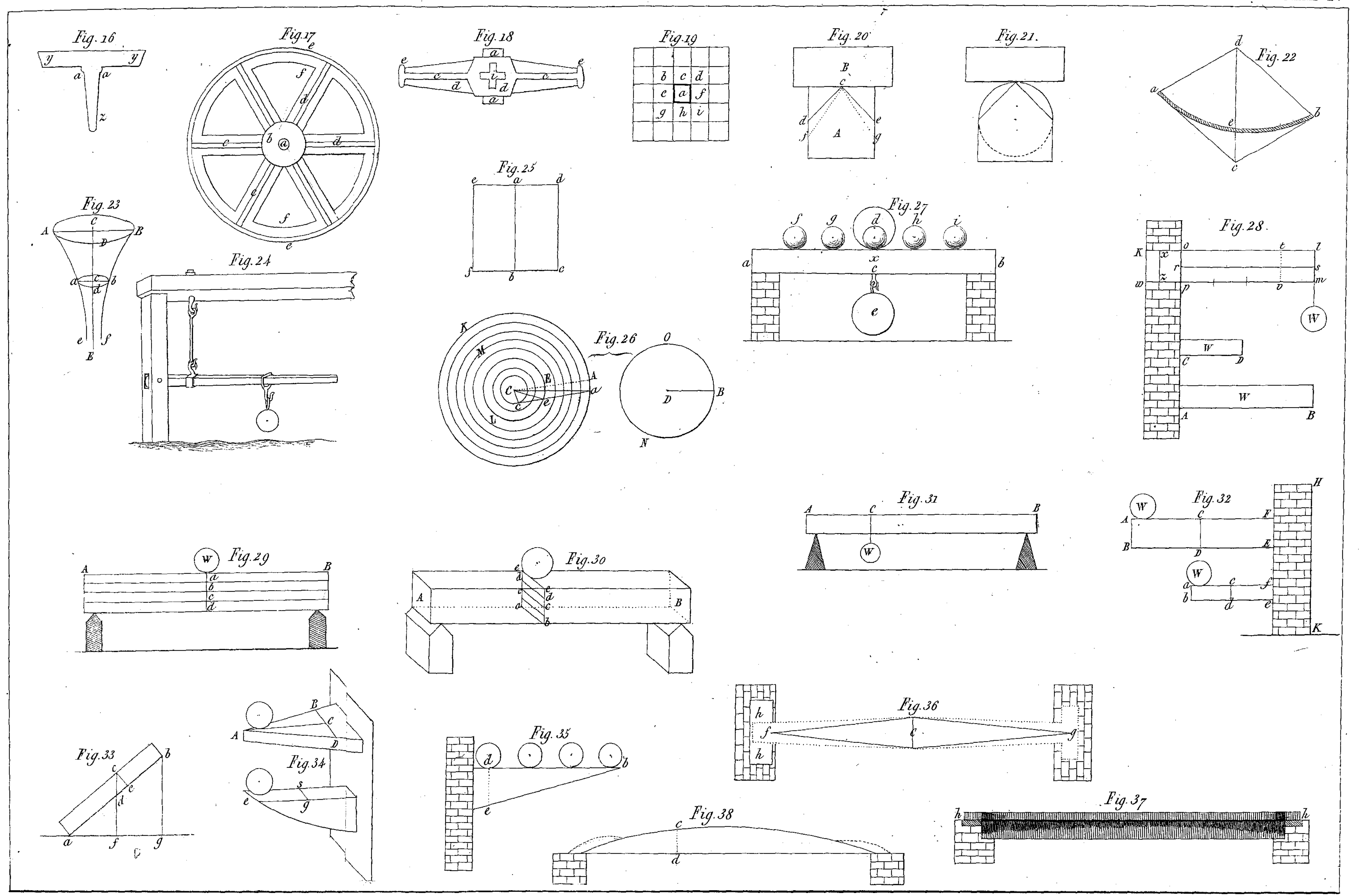
Páginas.

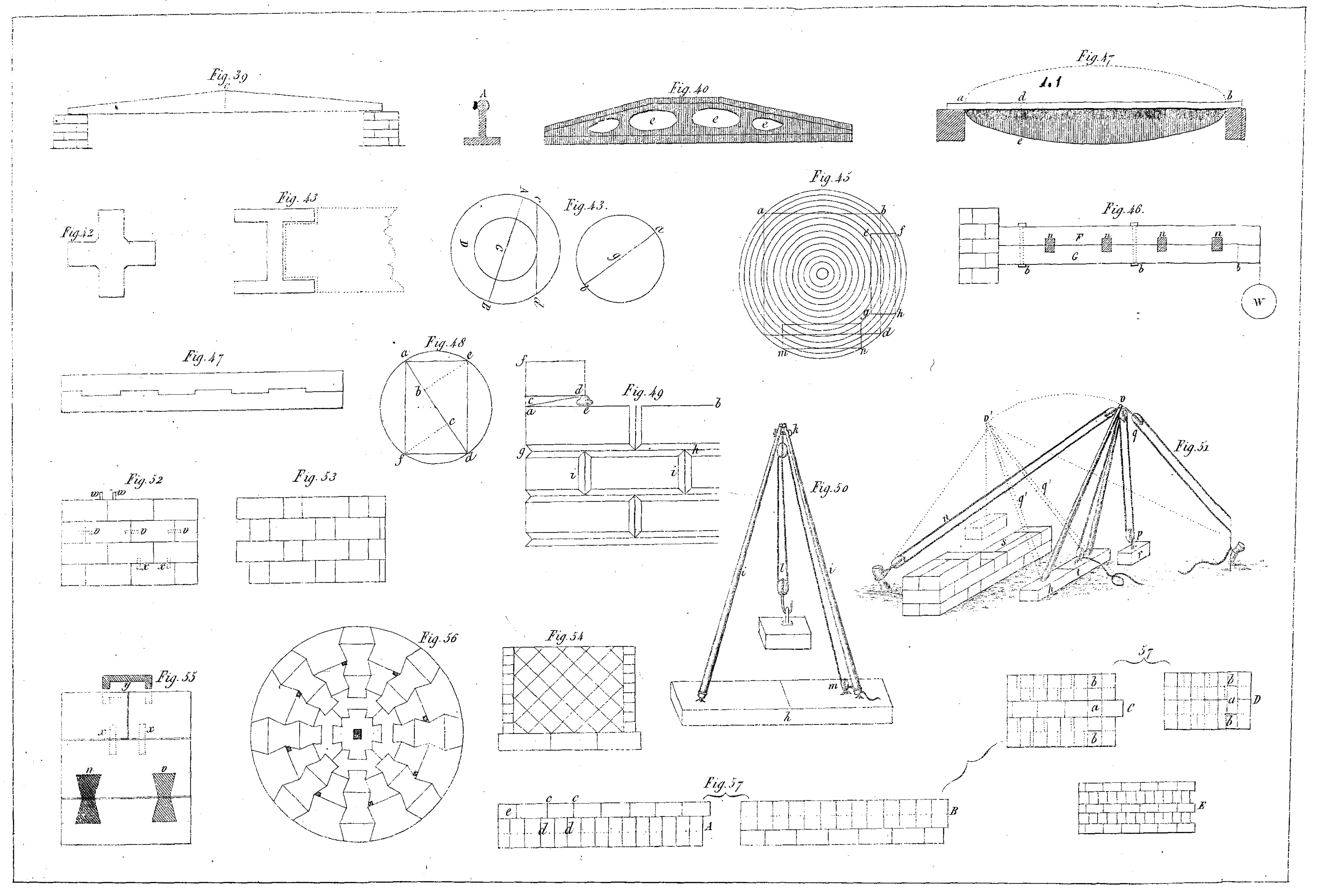
ERRATAS DEL TOMO I.

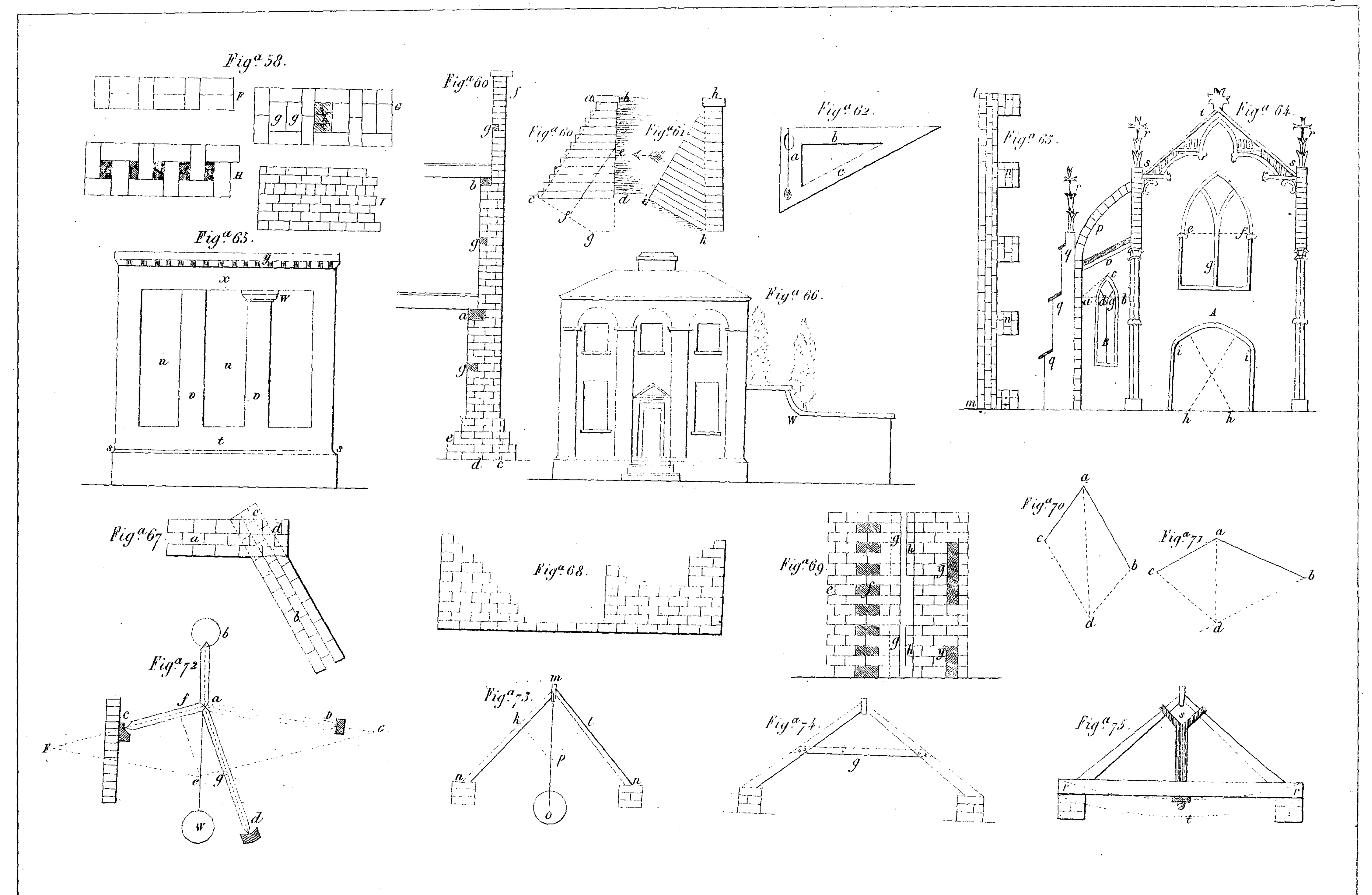
Páginas.	Líneas.	Dice.	Léase.
10	21	desbaratar	desbastar
id.	22	dé suficiente	de suficiente
11	9	milano grande	milano, grande
id.	12	alto; las	alto, las
51	26	polvos	palos
61	23	cortadura	corteza
71	13	por tener	para tener
103	17	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$
id.	18	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{7}{8}$
139	27	biertas; porque	biertas, porque
141	23	superficie; pero	superficie, pero
id.	39	juegos	jugos
143	17	casas	cosas
159	27	pues,	pues
205	31	Luego por	Luego, por
206	8	Multiplíquense por sí el	Multiplíquese por el
id.	26	por si el	por el
215	20	uniformes; la	uniforme, la
218	37	de grueso	del grueso
236	1	362	236
id.	11	de este grueso	de grueso
id.	20	ó $= \frac{43}{6 \times W'}$	ó, $\frac{43}{6 \times W'}$
id.	24	$\frac{1}{591\frac{3}{4}}$	$\frac{1}{591+\frac{1}{4}}$
id.	29	En escritores	En escritos
246	25	aspecto	aspecto;
255	25	molduras con	molduras, con
314	5	Por 100 ladrillos	Por 1000 ladrillos
360	11	puntales; les	puntales, les
378	5	representan	representa
387	17	1713	1773
411	última	de *de*, *df*	*de*, *df*
420	8	parte, y hay	parte, hay

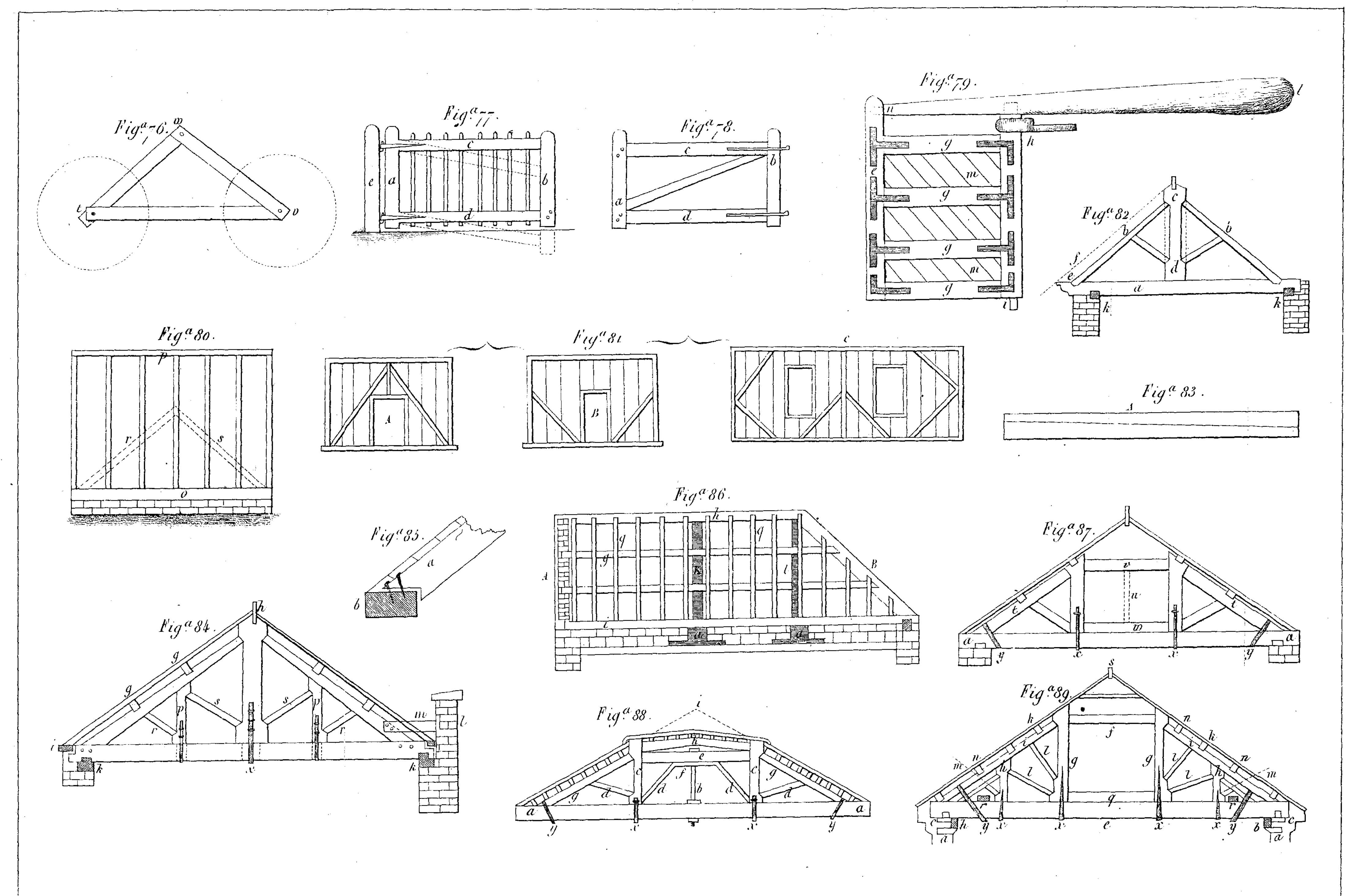


Lit.ª Nueva, Caballero de Gracia 22.

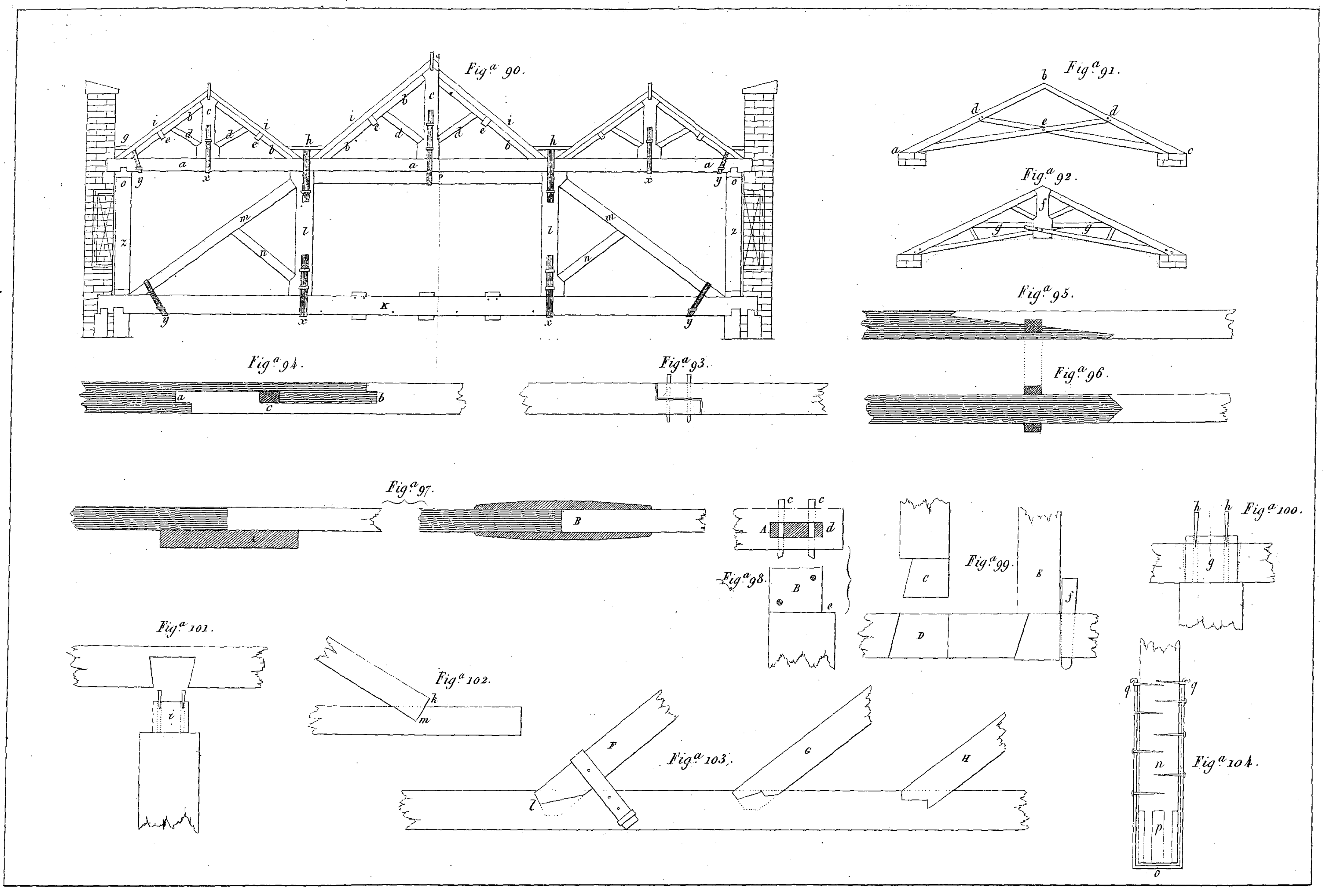

Fig. 16
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19
Fig. 20
Fig. 21.
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28.
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38

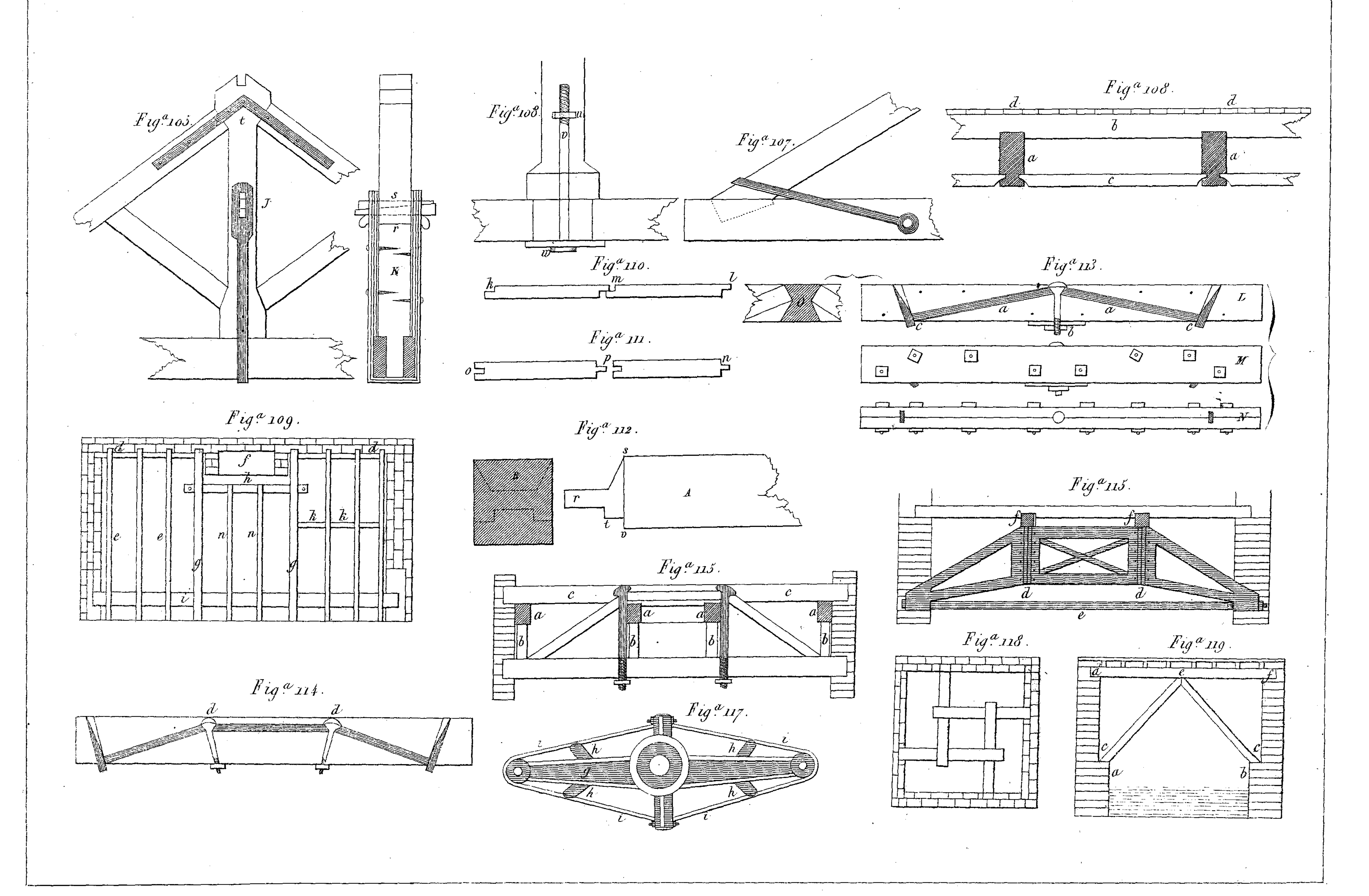

Fig. 39
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42
Fig. 43
Fig. 43.
Fig. 45
Fig. 46.
Fig. 47
Fig. 48
Fig. 49
Fig. 50
Fig. 51
Fig. 52
Fig. 53
Fig. 54
Fig. 55
Fig. 56
Fig. 57
57

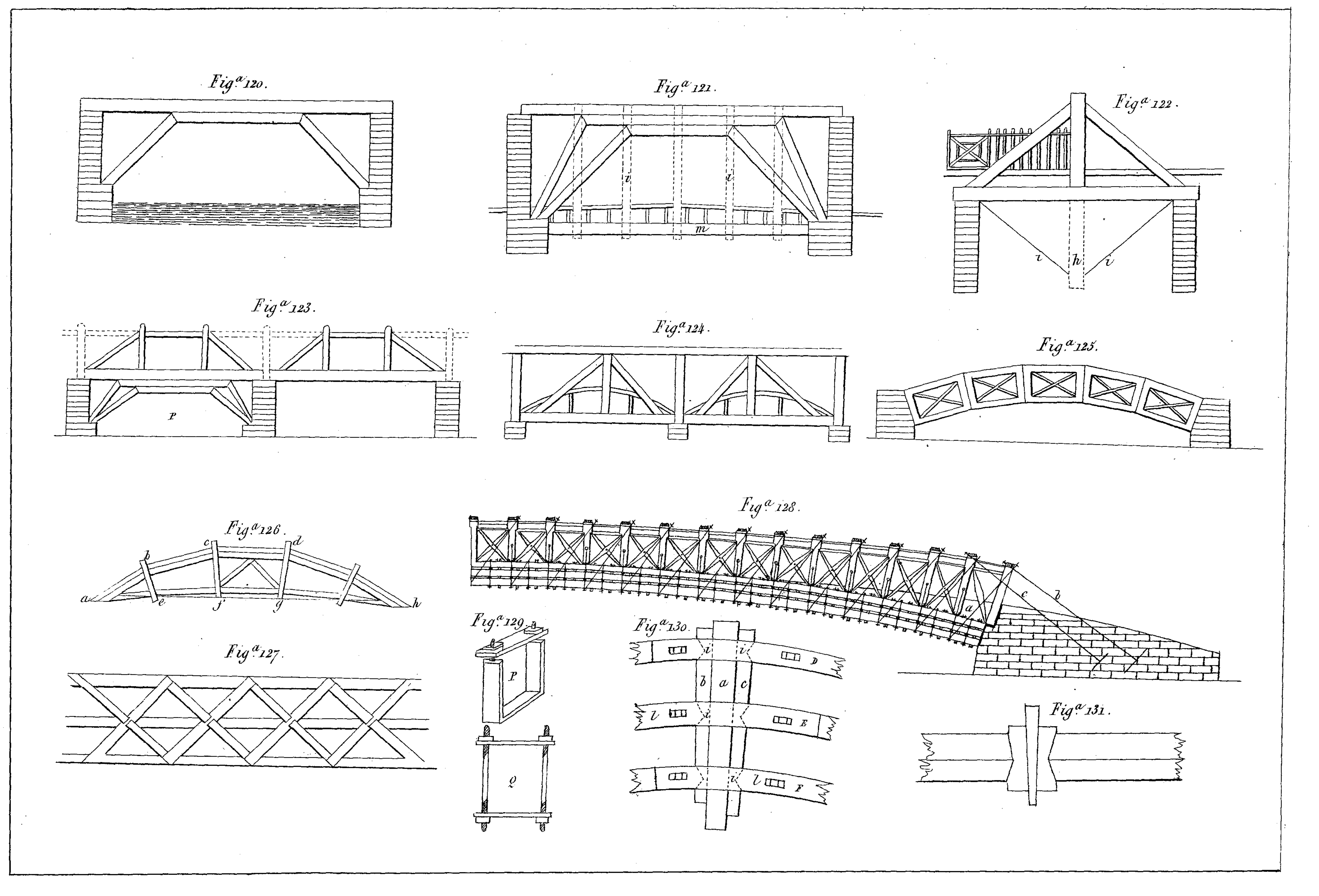

Figª 58.
F
G
H
I
Figª 60
Figª 61
Figª 62
Figª 63
Figª 64
Figª 65
Figª 66
Figª 67
Figª 68
Figª 69
Figª 70
Figª 71
Figª 72
Figª 73
Figª 74
Figª 75



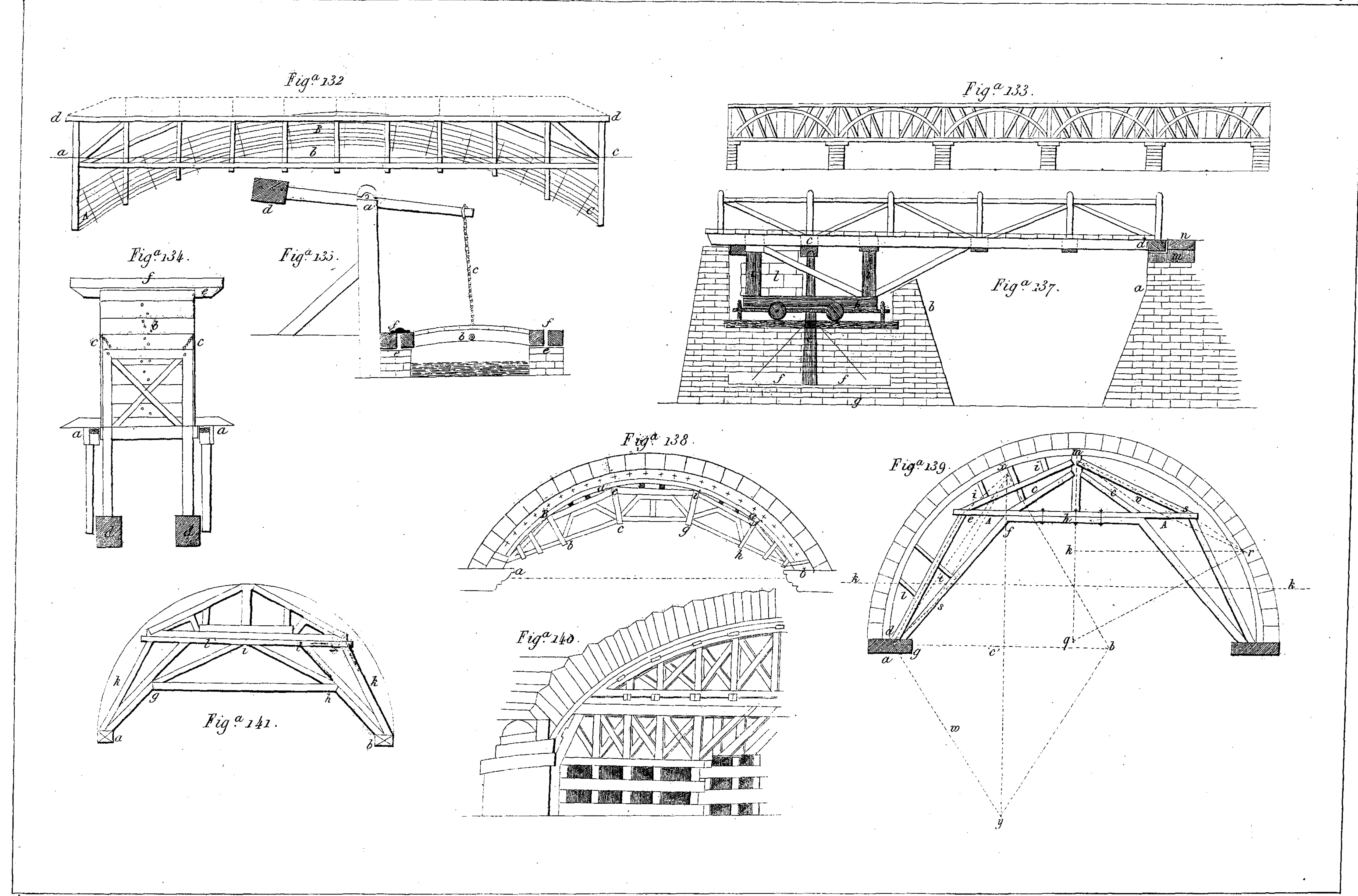
Figª 76.
Figª 77.
Figª 78.
Figª 79.
Figª 80.
Figª 81.
Figª 82.
Figª 83.
Figª 84.
Figª 85.
Figª 86.
Figª 87.
Figª 88.
Figª 89.


Figª 90.
Figª 91.
Figª 92.
Figª 93.
Figª 94.
Figª 95.
Figª 96.
Figª 97.
Figª 98.
Figª 99.
Figª 100.
Figª 101.
Figª 102.
Figª 103.
Figª 104.

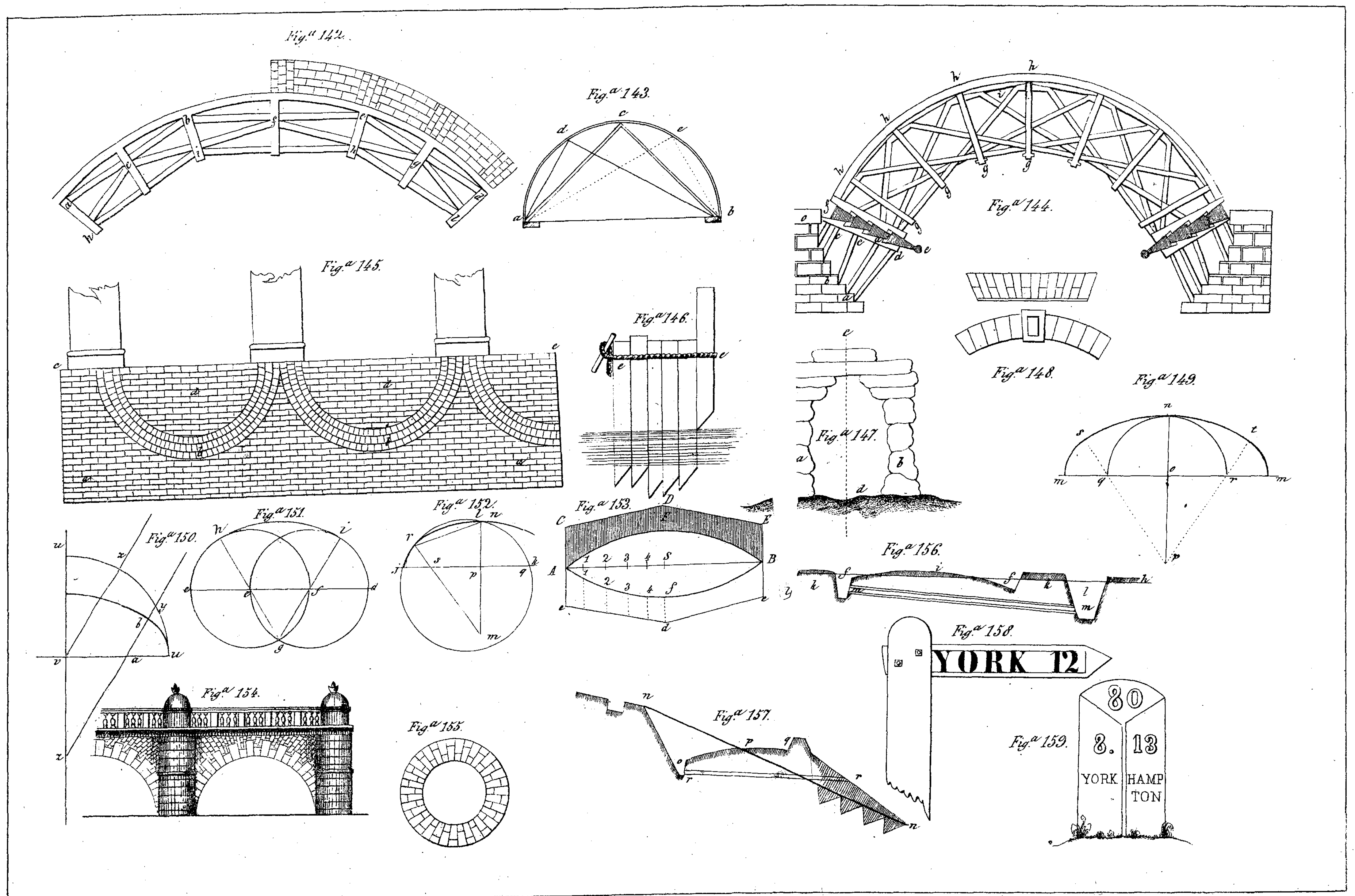

Fig.ª 105.
Fig.ª 106.
Fig.ª 107.
Fig.ª 108.
Fig.ª 109.
Fig.ª 110.
Fig.ª 111.
Fig.ª 112.
Fig.ª 113.
Fig.ª 114.
Fig.ª 115.
Fig.ª 116.
Fig.ª 117.
Fig.ª 118.
Fig.ª 119.



Figª 120.
Figª 121.
i
i
m
Figª 122.
i
h
i
Figª 123.
P
Figª 124.
Figª 125.
Figª 126.
a
b
c
d
e
f
g
h
Figª 127.
Figª 128.
a
c
b
Figª 129.
P
Q
Figª 130.
i
i
D
b
a
c
l
i
E
i
l
F
Figª 131.



Litog. Nueva Caballero de Gracia, 22.


Fig.a 142.
Fig.a 143.
Fig.a 144.
Fig.a 145.
Fig.a 146.
Fig.a 147.
Fig.a 148.
Fig.a 149.
Fig.a 150.
Fig.a 151.
Fig.a 152.
Fig.a 153.
Fig.a 154.
Fig.a 155.
Fig.a 156.
Fig.a 157.
Fig.a 158.
YORK 12
Fig.a 159.
80
8.
13
YORK
HAMP
TON